PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

vereinigt mit dem

JAHRBUCH DER RADIOAKTIVITÄT UND ELEKTRONIK

Nr. 6 — 15. März 1938 — Redaktionsschluß für Nr. 8 am 1. April 1938 — 39. Jahrgang

INHALT:

Abhandlungen:

W. Leo, Überlagerung von Gleich- und Wechselstrom in Stromverbrauchern mit quadratischer Leistungsaufnahme. S. 201.

A. Schulze und W. Gremmer, Das elektrische Verhalten der Manganferrite. S. 205.

A. Kußmann und H. Nitka, Ferromagnetismus u. Struktur von Manganferriten. Mit Tafel VII. S. 208.

E. Blechschmidt, Dielektrische Eigenschaften von Manganferriten. S. 212.

F. P. Henninger, Widerstandsmessungen am Kupferoxydul bei hohen Feldstärken. S. 216.

O. E. Frivold, O. Hassel und E. Hetland, Brechungsexponent und Molrefraktion des leichten und schweren Schwefelwasserstoffs. S. 224.

G. Nadjakoff, Über eine neue Art von Elektreten: Photoelektreten. S. 226.

A. Smekal, Über die Molekularvorgänge an der Elastizitätsgrenze. S. 228.

Besprechungen:

Bessel Functions, Part I, Functions of orders zero and unity, Mathematical Tables: Volume VI. S. 230.

Der Chemie-Ingenieur. Bd. III. Chemische Operationen. I. Teil. Physikalisch-chemische und wirtschaftliche Gesichtspunkte für die Durchführung chemischer Operationen. S. 231.

H. Davy, Über die Sicherheitslampe zur Verhütung von Explosionen in Gruben, gasbeleuchteten Häusern, Spritlagern oder Schiffsräumen u. dgl. S. 231.

A. König, Die Fernrohre und Entfernungsmesser. S. 232.

M. von Rohr, Ernst Abbes Apochromate. S. 232.

Nachrichten. S. 232.

Bericht über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1937. S. 233.

ABHANDLUNGEN

Überlagerung von Gleich- und Wechselstrom in Stromverbrauchern mit quadratischer Leistungsaufnahme

Von W. Leo

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Da die Wattaufnahme eines Stromverbrauchers im allgemeinen durch das Quadrat der aufgenommenen Stromstärke bestimmt wird, ist der augenblickliche Leistungsbetrag unabhängig von der Stromrichtung, d. h. eine aufgeprägte Wechselenergie gegebener Frequenz wird von dem Stromverbraucher mit doppelter Frequenz wiedergegeben.

Dieser Vorgang tritt in der Fernmeldetechnik, wo es in Fernsprechern od. dgl. auf frequenztreue Signalwiedergabe ankommt, häufig in Erscheinung. Es ist bekannt, daß z. B. Kondensatortelephone einer Vorspannung bedürfen, um die aufgeprägte Wechselfrequenz richtig wiederzugeben[1]). Auch magnetische Telephone sprechen mit der Oktave der angelegten Wechselfrequenz an, wenn sie ohne permanente Vormagnetisierung betrieben werden[2]). Ganz allgemein gilt aber diese Frequenzverdopplung der Leistungsabgabe nicht nur für Fernsprechgeräte, sondern für alle Stromverbraucher mit quadratischer Leistungskurve, z. B. auch für Glühlampen, deren Lichtwechsel bei reinem Wechselstrombetrieb mit doppelter Frequenz der angelegten Wechselspannung erfolgt.

Allen Vorgängen dieser Art ist gemeinsam, daß die Frequenzverdopplung durch geeignete Polarisation zum Verschwinden gebracht werden kann — beim Kondensatortelephon durch Vorspannung, beim magnetischen Telephon durch Vormagnetisierung, bei Lampen durch Gleichstromzugabe — und daß bei dieser Polarisation gleichzeitig eine erhebliche Steigerung der Wechselamplitude des Verbrauchers erreicht wird.

Obwohl diese Zusammenhänge grundsätzlich bekannt sind und technische Verwendung finden, scheinen nähere Untersuchungen darüber bisher nur auf dem als Beispiel herangezogenen Gebiet der Fernmeldetechnik vorzuliegen[1]). Tatsächlich sind aber die Vorgänge bei der optischen Signalwiedergabe durch Lampen durchaus ähnlich. Auch die Lichtwechselkurve von wechselstromgespeisten Glühlampen ist durch Polarisation mittels Gleichstromzugabe weitgehend zu beeinflussen, und zwar liegen die Verhältnisse hier

1) W. Meißner, Handb. d. Phys., Bd. XVI, S. 185, 1927.

2) H. Hoffmann, Arch. f. Elektrotechnik 1, 433, 1913.

1) Vgl. den zusammenfassenden Bericht über Telephone von W. Meißner, Handb. d. Phys., Bd. XVI, S. 167 ff.

besonders übersichtlich, weil im rein Ohmschen Stromverbraucher, wie ihn die Glühlampe darstellt, die zeitliche Leistungskurve ohne Phasenverschiebung dem quadratischen Stromverlauf folgt, so daß die Frequenz- und Amplitudenbeziehungen bei der Polarisation unmittelbar aus dem Überlagerungsverlauf der Wechsel- und Gleichstromanteile zu entnehmen sind. Da diese Vorgänge bei Untersuchung der Flimmererscheinung von Lampen von allgemeinerer Bedeutung sind, haben wir uns näher mit der Überlagerung von Gleich- und Wechselstrom in Glühlampen befaßt, und zwar insbesondere mit der Frage, wieviel Gleichstromzugabe erforderlich ist, um den Lampenwechselstrom hinreichend zu polarisieren, d. h. um einen Lichtwechsel in der Frequenz der Wechselspannung zu erhalten, und welche Amplitudensteigerung gegenüber reinem Wechselstrom dabei erzielt wird. Diese Fragen lassen sich für den Fall der Glühlampe durch eine einfache Wechselstrombetrachtung beantworten und sollen wegen ihrer Anwendbarkeit auch auf andere Stromverbraucher mit quadratischer Leistungsaufnahme nachstehend kurz behandelt werden:

Wenn in einem Stromkreise ein Gemisch aus Gleich- und Wechselstrom fließt, wobei $i_{=}$ und $i_{\sim\,\mathrm{eff}}$ die Effektivwerte der beiden Stromkomponenten sind, so ist der Effektivwert des Gesamtstroms gegeben durch

$$J_m = \sqrt{i_{=}^2 + i_{\sim\,\mathrm{eff}}^2}\,^{1}). \qquad (1)$$

Trägt man für einen gegebenen effektiven Gesamtstrom, der konstant gehalten werden möge, den zeitlichen Stromverlauf auf, wie er sich für verschiedene Anteilsverhältnisse zwischen Gleich- und Wechselstrom ergibt, so erhält man eine Kurvenschar nach Abb. 1. Die stark ausgezogenen Kurven geben dabei den Verlauf von J^2 wieder, und zwar im vorliegenden Fall für quadratische Gleichstromanteile[1]) zwischen 0 und 95 Proz. Wenn sich im Stromkreise ein Ohmscher Stromverbraucher befindet, folgt dessen zeitliche Leistungskurve der quadratischen Stromkurve ohne Phasenverzögerung. Die Kurvenschar zeigt bei Gleichstromanteil Null,

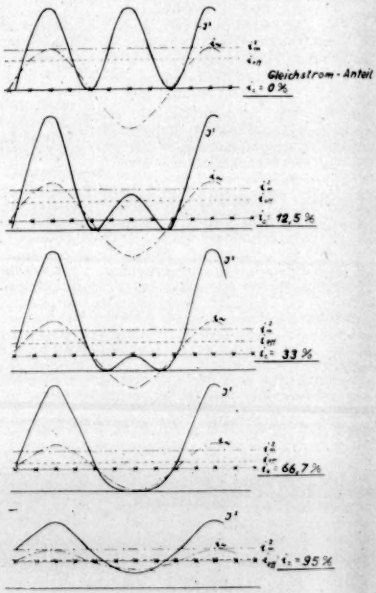


Abb. 1. Quadratischer Stromverlauf bei Überlagerung von Gleich- und Wechselstrom mit verschiedenen Gleichstromanteilen bei konstantem Gesamtstrom.

d. h. bei reinem Wechselstrom, die eingangs erwähnte Frequenzverdopplung gegenüber der Frequenz der Wechselspannung; mit zunehmender Gleichstromzugabe nimmt die eine Halbwelle der quadratischen Stromkurve stetig ab, während die Amplitude der anderen Halbwelle entsprechend größer wird (Abb. 1, Teilbild 2 und 3).

1) Da der Momentanwert des Wechselstroms sich mit dem überlagerten Gleichstrom algebraisch addiert, ist der Augenblickswert des Gesamtstroms

$$J = i_{=} + i_{\sim} = i_{=} + A\sin(\omega t)$$

und

$$J^2 = i_{=}^2 + 2\,A\,i_{=}\sin(\omega t) + A^2\sin^2(\omega t)\,.$$

Der quadratische Mittelwert des Gesamtstroms ist daher

$$J_m^2 = \frac{\omega}{2\pi}\int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} J^2\,dt$$

und

$$\int J^2\,dt = i_{=}^2\,t - \frac{2}{\omega}\,A\,i\cos(\omega t) + \frac{A^2\,t}{2} - \frac{A^2}{2\omega}\sin(\omega t)\cos(\omega t)$$

$$\int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} J^2\,dt = \frac{2\pi}{\omega}\left(i_{=}^2 + \frac{A^2}{2}\right).$$

Daraus folgt

$$J_m^2 = i_{=}^2 + \left(\frac{A}{\sqrt{2}}\right)^2 = i_{=}^2 + i_{\sim\,\mathrm{eff}}^2$$

und der effektive Gesamtstrom

$$J_{\mathrm{eff\,(gesamt)}} = \sqrt{J_m^2} = \sqrt{i_{=}^2 + i_{\sim\,\mathrm{eff}}^2}\,.$$

1) Wegen der quadratischen Addition der Teilströme [Gleichung (1)] ist es übersichtlicher, die quadratischen Stromanteile zu betrachten an Stelle der Effektivwerte. Bei gleichen Anteilen Wechsel- und Gleichstrom hat z. B. jeder der Teilströme zahlenmäßig $\sqrt{0{,}5} = 0{,}707$ oder 70,7 Proz. der effektiven Gesamtstromstärke, während sich die quadratischen Stromanteile (0,5 + 0,5) zu 1 addieren.

Bei einer bestimmten Gleichstromzugabe ist die zweite Halbwelle verschwunden (Abb. 1, Teilbild 4), so daß die Stromimpulse nur mit der Grundfrequenz des Wechselstroms erfolgen, und zwar ist dies der Fall für Anteilsverhältnisse, bei denen der Gleichstrom mindestens gleich der Amplitude des anteiligen Wechselstroms ist. Die Doppelwelligkeit im Ohmschen Stromverbraucher verschwindet demnach, wenn

$$i_{=} \geqq i_{\sim \mathrm{eff}} \cdot \sqrt{2} \qquad (2)$$

oder wegen der Beziehung (1), wenn

$$i_{=}^2 \geqq \tfrac{2}{3} J_m^2 , \qquad (3)$$

d. h. die quadratische Stromkurve, also auch die Leistungskurve, liefert Impulse in der Grundfrequenz, wenn die quadratische Gleichstromzugabe mindestens zwei Drittel des quadratischen Gesamtstroms beträgt. (Das entspricht numerisch einem Gleichstromanteil von rund 82 Proz. der effektiven Gesamtstromstärke.) Man muß also verhältnismäßig hohe Gleichstromvorgaben verwenden, um eine doppelwellenfreie Wiedergabe der Grundfrequenz des Wechselstroms zu erreichen. Bei noch höheren Gleichstromanteilen bleibt zwar die reine Grundfrequenz erhalten, aber die Amplitude der quadratischen Stromkurve nimmt stetig zu Null ab.

Wie die Kurvenschar der Abb. 1 weiterhin zeigt, ändert sich die Amplitude der quadratischen Stromkurve beim Fortschreiten von kleinen zu größeren Gleichstromanteilen erheblich und durchläuft bei einem bestimmten Anteilsverhältnis, bei dem die Doppelwelle noch nicht ganz verschwunden ist, ein Maximum (Abb. 1, Teilbild 3). Die jeweilige Höhe der Amplitude ist gegeben durch die äußersten Abweichungen vom quadratischen Mittelwert, d. h. durch eine Größe

$$M = (i_{=} + A)^2 - J_m^2 \qquad (4)$$

die die elektrische Energieschwankung angibt. Aus der Lage des Maximums der Funktion $M = f(i_{=})$ läßt sich der günstigste Gleichstromanteil für die Erreichung größtmöglicher Energieschwankung berechnen. Man erhält als Maximumbedingung

$$\frac{dM}{di_{=}} = \frac{d(i_{=} + A)^2}{di_{=}} = 0 = 1 - 2i_{=} \frac{1}{\sqrt{2J_m^2 - 2i_{=}^2}} \qquad (5)$$

und daraus:

$$2i_{=} = \sqrt{2J_m^2 - 2i_{=}^2} \qquad (5a)$$

oder

$$\underline{i_{=}^2 = {}^1/_3 J_m^2 , \qquad i_{\sim \mathrm{eff}}^2 = {}^2/_3 J_m^2 ,} \qquad (6)$$

d. h. die größte Energieschwankung bei gegebener Gesamtbelastung wird erreicht, wenn der quadratische Gleichstromanteil ein Drittel, der quadratische Wechselstromanteil zwei Drittel des quadratischen Gesamtstroms beträgt. (Das entspricht zahlenmäßig einem Gleichstromanteil von 57,7 Proz. der effektiven Gesamtstromstärke.) Hierbei ist die im Gemisch enthaltene Grund- und Oberschwingung des Energieverlaufs gerade von gleicher Amplitude, so daß sich in jeder zweiten Halbperiode ein Maximum von doppeltem Betrag ergibt wie bei reinem Wechselstrom (Abb. 1, Teilbild 3).

Man übersieht die Verhältnisse am besten, wenn man einerseits die Größe der Energieschwankung [Gleichung (4)], andererseits die Amplitude der zweiten Halbwelle

$$N = (i_{=} - A)^2 \qquad (7)$$

in Abhängigkeit vom Gleichstrom- bzw. Wechselstromanteil am Gesamtstrom aufträgt (Abb. 2).

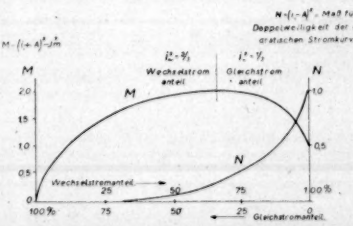


Abb. 2. Energieschwankung (M) und Doppelwelligkeit (N) bei Überlagerung von Gleich- und Wechselstrom in verschiedenen Anteilen bei konstantem Gesamtstrom.

Diese Kurven zeigen für Gleichstromanteil Null (reinen Wechselstrom) gleiche Amplitude für beide Halbwellen, sie zeigen ferner für steigende Gleichstromanteile einen starken Anstieg der Energieschwankung M und einen steilen Abfall der Doppelwelligkeit N. Beim Maximum der M-Kurve besitzt die zweite Halbwelle nur noch ein Sechstel der Amplitude, wie bei reinem Wechselstrom. Da die Amplitude der Grundwelle sich im Maximum gegenüber reinem Wechselstrom verdoppelt, erhält man also bei diesem Stromanteilsverhältnis nur noch ein Amplitudenverhältnis von 1:12 zwischen beiden Halbwellen. Bei zwei Drittel Gleichstromanteil verschwindet gemäß obiger Rechnung die zweite Halbwelle ganz, während die M-Kurve noch 84 Proz. ihres Höchstwertes hat. Bei noch höheren Gleichstromanteilen fällt die M-Kurve dann ziemlich steil ab. Man hat es also nach dem Verlauf der M- und N-Kurve in der Hand, je nachdem man

größte Energieschwankung oder praktisch grundfrequente Stromimpulse erzielen will, ein geeignetes Anteilsverhältnis zwischen Gleich- und

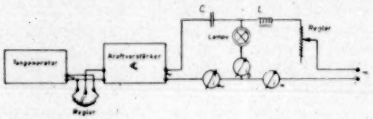


Abb. 3. Schema der Anordnung zur Lampenspeisung mit anteiligem Gleich- und Wechselstrom.

Wechselstrom auszuwählen. Übrigens ist der Verlauf der M-Kurve in der Umgebung des Maximums so flach, daß man den Gleichstromanteil über das günstige Verhältnis $i_{=}^2 = 1/3\, J_{\sim}^2$ steigern kann, um die zweite Halbwelle weiter herabzudrücken, ohne daß ein wesentlicher Verlust an Energieschwankung eintritt. Bei gleichen Anteilen Gleich- und Wechselstrom hat man z. B. noch 96 Proz. der größtmöglichen Energieschwankung, wobei die Amplitude der Doppelwelle nur noch 2 Proz. der Hauptwelle beträgt.

Wir haben diese Verhältnisse durch Messung an Glühlampen in der Weise geprüft, daß wir die Lampen mit meßbar veränderlichen Gleich- und Wechselstromanteilen bei jeweils unverändert gehaltenem Gesamtstrom betrieben und ihre Lichtwechselkurve mit Photozelle und Meßverstärker oszillographisch und energetisch verfolgt haben. Die Schaltanordnung, in der die Lampe wahlweise mit Gleich- oder Wechselstrom verschiedener Frequenz oder mit einem einstellbaren Gemisch aus beiden betrieben werden konnte, ist in Abb. 3 schematisch dargestellt. Die Kapazität C (300 μF) und Selbstinduktion L (etwa 15 Hy) wurde hinreichend groß gewählt, um noch tunlichst tiefe Wechselfrequenzen mit großen Helligkeitsamplituden der Lampe benutzen zu können und den Wechselstrom vom Gleichstromkreise fernzuhalten. Auf diese Weise konnten die beiderseitigen Stromanteile ohne gegenseitige Beeinflussung gemessen und mit dem Gesamtstrom im Lampenstromzweig kontrolliert werden.

Abb. 4 zeigt den am Verstärker gemessenen Amplitudenverlauf des Zellenwechselstroms bei Belichtung mit dem Wechsellicht der Lampe, wobei jede Kurve bei unverändert gehaltenem Gesamtstrom der Lampe, aber bei verschiedenen Anteilsverhältnissen zwischen Wechsel- und Gleichstrom aufgenommen ist. Die Ordinaten dieser Kurven sind verschieden hoch, je nach

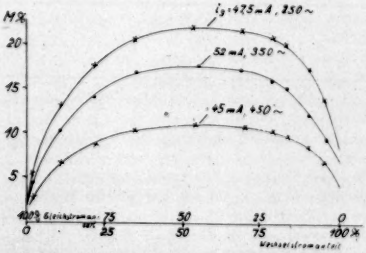


Abb. 4. Lampenmodulation in Abhängigkeit vom Gleich- und Wechselstromanteil des Lampenstroms bei jeweils konstantem Gesamtstrom.

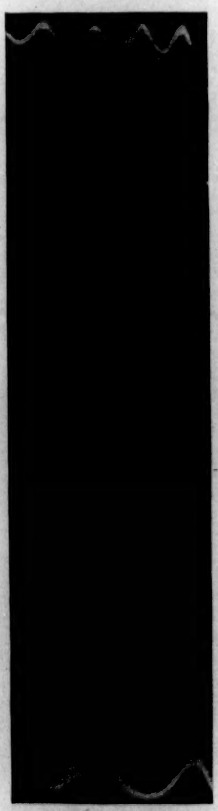


Abb. 5. Helligkeitsverlauf einer Glühlampe bei Betrieb mit Wechselstrom-Gleichstrom-Gemisch bei verschiedenen Gleichstromanteilen.

der benutzten Lampenfrequenz und Stromstärke, der gemessene Verlauf entspricht jedoch in allen Fällen dem berechneten Verlauf der M-Kurve in Abb. 2.

In Abb. 5 haben wir eine Reihe von Oszillogrammen des Zellenwechselstroms wiedergegeben, wie sie bei unverändert gehaltenem Gesamtstrom der Lampe mit steigendem Gleichstromanteil erhalten werden. Auch hier entspricht der Kurvenverlauf dem berechneten J^2-Verlauf in Abb. 1, lediglich mit dem Unterschied, daß infolge des nichtsymmetrischen Anheiz- und Abkühlungsvorganges der Lampe die Lichtwechselkurve eine geringe einseitige Verzerrung gegenüber der quadratischen Stromkurve und dadurch eine Verschiebung zwischen Helligkeitsmaximum und -minimum aufweist. Die Übereinstimmung zwischen Oszillogramm und Rechnung zeigt, daß man durch geeignete Wahl der Gleichstromzugabe den Grad der Doppelwelligkeit und die Amplitude der Energieschwankung jeweils im gewünschten Sinn beeinflussen kann. Die Amplitude der Doppelwelle ist dabei bereits gegenüber kleinen Gleichstromzugaben so empfindlich, daß das Amplitudenverhältnis zwischen beiden Halbwellen direkt als Maßgröße für das Vorhandensein geringer Gleichströme im Stromgemisch dienen kann.

Berlin-Charlottenburg, im Dezember 1937.

(Eingegangen 29. Dezember 1937)

Das elektrische Verhalten der Manganferrite

Von A. Schulze und W. Gremmer

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Die Manganferrite, d. h. das binäre System Eisenoxyd-Manganoxyd, besitzen nach den Untersuchungen einerseits von Snoek[1]) und andererseits von Kußmann und Nitka[2]) in dem Gebiet mittlerer Konzentrationen eine relativ hohe Magnetisierbarkeit, die an eine oberhalb 1000° C stabile Phase mit kubischer Kristallstruktur gebunden ist und durch Abschrecken auch bei Raumtemperatur erhalten werden kann. Gleichzeitig haben sie einen außerordentlich hohen spezifischen elektrischen Widerstand, verbunden mit einem negativen Temperaturkoeffizienten. Da das elektrische Verhalten im Widerspruch zu dem allgemeinen metallischen Verhalten eines Ferromagnetikums steht, wurde es auf Veranlassung des Herrn Präsidenten Prof. Dr. Stark einer näheren Untersuchung unterzogen. Es handelt sich hierbei vor allem um die Frage, ob die Halbleitereigenschaften der ferromagnetischen Phase der Manganferrite evtl. durch sekundäre Erscheinungen, wie z. B. durch Sperr- oder Zwischenschichten, hervorgerufen werden und somit nur vorgetäuscht sind.

Untersucht wurden zu diesem Zweck die ferromagnetischen Manganferrite über das ganze Konzentrationsgebiet, und zwar mit einem Fe-Gehalt von 20, 30, 38, 40, 70 und 80 Atomprozenten. Die einzelnen Proben waren im Magnetischen Laboratorium der Reichsanstalt durch Pressen mit nachfolgendem Sintern bei 1300° C hergestellt[1]) und anschließend auf Raumtemperatur abgeschreckt. Zur Charakterisierung der einzelnen Proben wurden ihre spezifischen Widerstände in $\Omega \cdot$ cm bei 20° C bestimmt; sie sind in der Zahlentafel I angegeben. Man ersieht daraus die außerordentlich hohen Widerstandswerte, die mit zunehmendem Fe-Gehalt abnehmen. Da bei allen Proben eine Spannungsabhängigkeit des Widerstandes, auf die wir hernach noch einzugehen haben, gefunden wurde, sind die spezifischen Widerstände für eine Feldstärke von 12 Volt/cm angegeben.

Zahlentafel I

Spezifischer Widerstand der Manganferrite bei 20° C (für eine Feldstärke von 12 Volt/cm)

Gehalt an Fe in Atomprozenten	$\sigma \cdot 10^{-6}$ in $\Omega \cdot$ cm
20	76
30	53
38	12
40	11
70	0,2
80	0,001

Die für die Widerstandsmessungen verwendeten Probestäbchen hatten durchschnittlich eine Länge von etwa 10 mm und einen Querschnitt von $4 \cdot 4$ mm². Ihre Enden waren mit Platinfolie fest bewickelt; Platindrähte dienten als Stromzuleitungen sowie zur Abnahme des Potentials längs der Probe. Die Messungen des elektrischen Widerstandes wurden größtenteils mit einem Quadrantenelektrometer, teilweise auch durch Strom- und Spannungsmessung mit Amperemeter und Voltmeter durchgeführt.

Zunächst wurde der elektrische Widerstand der Manganferrite in Abhängigkeit von der Temperatur bestimmt. Hierbei hat sich ganz allgemein ergeben, daß der Widerstand mit stei-

1) J. L. Snoek, Physica **3**, 463, 1936.

2) A. Kußmann und R. Nitka, Physik. Zeitschrift **39**, 208, 1938.

1) Vgl. A. Kußmann und R. Nitka l. c.

gender Temperatur sehr stark abfällt. Als Beispiel ist in der Abb. 1 der Verlauf des elektrischen

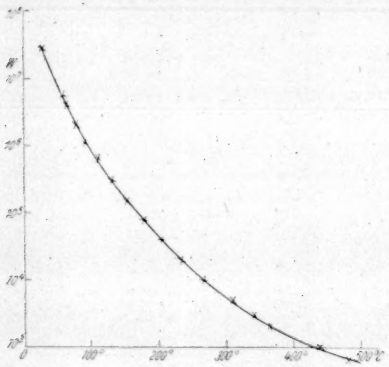


Abb. 1. Widerstandstemperaturkurve eines 40 At.-Proz. *Fe* enthaltenden Manganferrits.

Widerstandes (W) einer 40 Atomproz. *Fe* enthaltenden Probe in dem Temperaturgebiet von 18° bis etwa 500° wiedergegeben; er ist charakteristisch für alle hier untersuchten Manganferritproben. Um ein Bild von dem außerordentlich steilen Widerstandsabfall zu erhalten, seien nur einige Zahlen angegeben:

Die 30 Atomproz. *Fe* enthaltende Probe hatte bei 18° C einen Widerstand von 82 MΩ (spezifischer Widerstand $\sigma = 41 \cdot 10^6$), bei 28° betrug er nur noch 30 MΩ, bei 100° 0,7 MΩ, bei 300° 5000 Ω, und bei 500° war er bereits auf 80 Ω abgesunken.

In ähnlicher Weise tritt der Widerstandsabfall bei der 40 Atomproz. *Fe* enthaltenden Probe in Erscheinung, deren Widerstand bis etwa 1000° C gemessen wurde. Bei dieser war der Widerstand von 107 MΩ bei 20° auf 200 Ω bei 500° und auf 5 Ω bei 1000° C abgefallen.

Diese Widerstandstemperaturkurven gelten sowohl für steigende wie für fallende Temperaturen.

In struktureller Hinsicht ist der Verlauf der Widerstandskurve des 80 Proz. *Fe* enthaltenden Manganferrits von Interesse. Oberhalb 750° C beginnt nämlich der Widerstand stark anzuwachsen, um dann in eine neue Widerstandskurve überzugehen. Dieses Verhalten ist dadurch zu erklären, daß das 80proz. Manganferrit oberhalb 750° C anfängt, sich aus der kubischen (ferromagnetischen) Phase wieder in die rhomboedrische (paramagnetische) Phase umzuwandeln, was in vollem Einklang mit den Untersuchungen von Kußmann und Nitka (l. c.) steht.

Für die Beurteilung des Leitungsmechanismus ist die Tatsache von Wichtigkeit, daß bei keiner der untersuchten Proben — auch nicht in den höheren Temperaturen — irgendwelche Anzeichen von Polarisationserscheinungen aufgefunden wurden.

Der außerordentlich große Widerstandsabfall, wie er sich hier bei der ferromagnetischen Phase der Manganferrite mit steigender Temperatur ergeben hat, ist zumindest eine sehr merkwürdige Erscheinung und läßt zweifelsohne die Vermutung aufkommen, daß dieses für Halbleiter charakteristische Verhalten in den vorliegenden Fällen wohl nur durch sekundäre Erscheinungen, wie Sperr- oder Zwischenschichten zwischen den einzelnen Kristalliten, vorgetäuscht wird.

Ähnliches ist bereits bei einer ganzen Gruppe von „sogenannten Halbleitern", wie z. B. Silizium, Titan, Zirkon, Hafnium u. a., beobachtet worden und konnte besonders eingehend an Silizium von dem einen von uns[1]) studiert werden. Bei diesen Werkstoffen zeigt der Einkristall ein vollkommen metallisches Verhalten, d. h. er besitzt einen relativ kleinen spezifischen Widerstand mit positivem Temperaturkoeffizienten.

Um bei den Manganferriten zu zeigen, daß es sich hier in der Tat um eine metallische Leitfähigkeit handelt, sind wir einen anderen Weg gegangen, wie er auch kürzlich von Henninger[2]) auf Veranlassung von Gudden bei Untersuchungen an Siliziumkarbid und an Bor mit Erfolg beschritten ist.

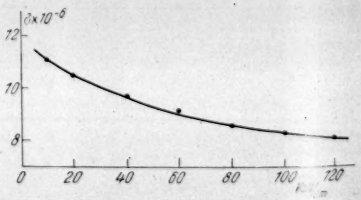


Abb. 2. Abhängigkeit des spezifischen Widerstandes eines 40 At.-Proz. *Fe* enthaltenden Manganferrits von der Feldstärke.

Die Manganferrite zeigen nämlich bei konstanter Temperatur eine deutliche Abhängigkeit ihres Widerstandes von der Feldstärke, wie sie beispielsweise bei einem 40prozentigen Mangan-

1) A. Schulze, Zeitschr. f. techn. Phys. **11**, 443, 1930; Zeitschr. f. Metallkunde **23**, 201, 1931.
2) F. P. Henninger, Ann. d. Phys. **28**, 245, 1937.

ferrit in der Abb. 2 zu ersehen ist. Hieraus ergibt sich, daß der Einfluß von Zwischenschichten, wenn solche vorhanden sind, mit zunehmender Feldstärke kleiner wird. Bei einigen Manganferriten ist es sogar durch Erhöhung der Feldstärke erreicht worden, daß der elektrische Widerstand sprungartig kleiner wird.

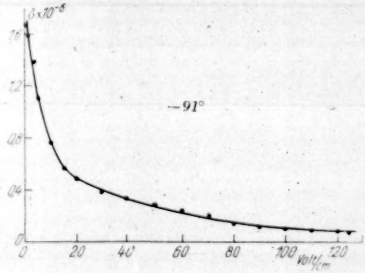


Abb. 3a

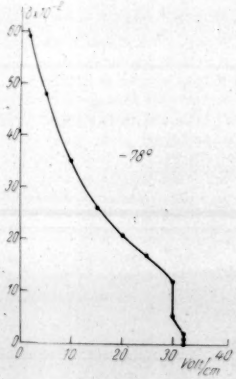


Abb. 3b.

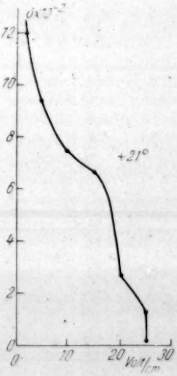


Abb. 3c.

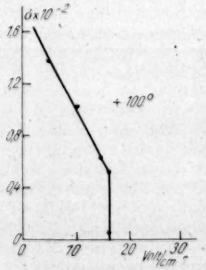


Abb. 3d

Abb. 3a—d. Abhängigkeit des spezifischen Widerstandes eines 80 proz. Manganferrits von der elektrischen Feldstärke bei verschiedenen Temperaturen.

Die näheren Einzelheiten hierüber zeigen die im folgenden geschilderten Versuche. Bei dem 80prozentigen Manganferrit fällt der mit steigender Feldstärke kleiner werdende Widerstand — bei Raumtemperatur (21° C); vgl. Abb. 3c — bei einer Feldstärke von 15 Volt/cm sprungartig ab und sinkt auf mehr als den 30. Teil ab. Nach Abschalten der Spannung fängt der Widerstand an, wieder langsam zuzunehmen und auf den alten Wert zurückzugehen, so daß man den obigen Versuch beliebig oft wiederholen kann. Das plötzliche Absinken des Widerstandes dürfte auf ein „Durchschlagen von Zwischenschichten" zurückzuführen sein. Allerdings ist nach dem Durchschlag der Widerstand immer noch verhältnismäßig hoch, und zwar ist der spezifische Widerstand um etwa 3—4 Zehnerpotenzen höher als der der metallischen Werkstoffe. Anscheinend ist erst ein Teil der Zwischenschichten durchschlagen. Aus diesem Grunde ist wohl auch in den Widerstandstemperaturkurven selbst in den hohen Temperaturen noch kein positiver Temperaturkoeffizient beobachtet worden[1]). Der obige Versuch ist außer bei 21° C noch bei anderen Temperaturen (−78° und +100° C) durchgeführt worden. Hier ergibt sich dasselbe Bild, nur tritt ein Durchschlagen in niederer Temperatur bei höherer Feldstärke ein (vgl. Abb. 3b, c, d). Bei der Temperatur der flüssigen Luft (−191°) war bis zu einer Feldstärke von 124 Volt/cm ein Durchschlag nicht zu erreichen (vgl. Abb. 3a).

Bei 70prozentigem Manganferrit wurden analoge Versuche durchgeführt. In diesem Falle war bei Raumtemperatur bis zu 125 Volt/cm kein Durchschlag zu erhalten. Wenn das Ferrit dagegen eine Temperatur von 100° C besaß, trat er bereits bei 120 Volt/cm ein und ergab das gleiche Bild, wie wir es bei dem 80prozentigen Manganferrit erhalten haben.

Wenn man annimmt, daß bei den niedrigprozentigen Manganferriten analoge Verhältnisse vorliegen, so ist es nicht verwunderlich, daß hier ein Durchschlag der Zwischenschichten nicht mehr beobachtet ist. Welcher Art nun diese interkristallinen Zwischenschichten sind, darüber geben die Versuche keinen Anhaltspunkt.

Jedenfalls machen diese Durchschlagsversuche (in dem Konzentrationsbereich von 70 bis 85 Proz.) es wahrscheinlich, daß hier interkristalline Zwischenschichten bestehen. Dadurch wären bei der ferromagnetischen Phase der Mangan-

1) Die Beobachtungen zeigen, daß der Temperaturkoeffizient jedoch mit zunehmender Temperatur dauernd kleiner negativ wird.

ferrite die Halbleitereigenschaften lediglich durch diese Zwischenschichten vorgetäuscht, und bei völligem Fehlen der Zwischenschichten würden die Manganferrite einen Metallcharakter besitzen, wie er für ein Ferromagnetikum charakteristisch ist.

Zusammenfassung

An einer Reihe von Manganferriten verschiedener Zusammensetzung wurde der elektrische Widerstand in Abhängigkeit von der Temperatur gemessen. Er ist bei Raumtemperatur außerordentlich hoch und nimmt mit steigender Temperatur sehr rasch ab, so daß er in hohen Temperaturen in die Größenordnung schlechtleitender Metalle kommt. Außerdem wurde eine große Spannungsabhängigkeit des elektrischen Widerstandes beobachtet. Das ganze elektrische Verhalten deutet darauf hin, daß diese Halbleitereigenschaften durch interkristalline Zwischenschichten vorgetäuscht sind. Bei einigen Manganferriten erkennt man dies deutlich daran, daß der Widerstand bei den Messungen seiner Spannungsabhängigkeit von einer bestimmten Feldstärke an sprungartig abfiel, was mit einem Durchschlagen der Zwischenschichten zu erklären ist.

Berlin-Charlottenburg, im Januar 1938.

(Eingegangen 7. Februar 1938)

Ferromagnetismus und Struktur von Manganferriten

Von A. Kußmann und H. Nitka

Mit Tafel VII

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Problemstellung

Wie seit längerem bekannt[1]) und in einer neueren Arbeit von Snoek[2]) noch einmal hervorgehoben, zeigen bestimmte Ferrite, d. h. Verbindungen (oder feste Lösungen) des Eisenoxyds mit anderen Metallen (allgemeinste Formel: $a \cdot MO \cdot b \cdot Fe_2O_3$, wobei M ein anderes zweiwertiges Metall und a/b einen Zahlenfaktor bedeutet, der von 1 verschieden sein kann), bei vergleichsweise hoher Magnetisierbarkeit eine außerordentlich geringe elektrische Leitfähigkeit, die zu dem sonstigen Metallcharakter der Ferromagnetika in einem auffallenden Widerspruch steht. Auf Veranlassung des Herrn Präsidenten Prof. Stark wurde daher die Frage geprüft, ob die Halbleitereigenschaften derartiger Stoffe nicht durch sekundäre Ursachen, wie Verunreinigungen, Zwischenschichten u. dgl. hervorgerufen sein könnten. Zu diesem Zweck wurde eine Reihe von Manganferriten hergestellt, die nach Snoek das geschilderte Verhalten in besonders ausgeprägtem Maße zeigen. Da unsere Kenntnisse über den Aufbau derartiger binärer oxydischer Systeme noch verhältnismäßig gering sind, wurden bei dieser Gelegenheit einige orientierende Messungen über den Zusammenhang zwischen Kristallstruktur und Magnetisierbarkeit durchgeführt, über die im folgenden berichtet wird.

Bisherige Untersuchungen

Zunächst sei kurz daran erinnert, daß von den das System Eisenoxyd-Manganoxyd bildenden Komponenten das Fe_2O_3 in zwei verschiedenen Modifikationen vorkommt. Das gewöhnliche α-Fe_2O_3 (Eisenglanz, Hämatit) kristallisiert rhomboedrisch, besitzt mehrere nicht polymorphe Umwandlungen (680°, 1030° C) und ist bis zu Temperaturen von etwa 1300° C stabil, oberhalb deren es unter Sauerstoffabgabe zerfällt. Es ist paramagnetisch mit einer Suszeptibilität von $\chi \sim 20 \cdot 10^{-6}$. Demgegenüber hat die ferromagnetische Modifikation γ-Fe_2O_3 einen wesentlich engeren Existenzbereich und wandelt sich schon von etwa 400° an monotrop in die rhomboedrische Phase zurück. Sie besitzt ein kubisches Gitter vom Spinelltypus[1]) und ähnelt daher dem ebenfalls ferromagnetischen Fe_3O_4 (Magnetit). Beide Gitter — γ-Fe_2O_3 und Fe_3O_4 — sind sogar praktisch außerordentlich schwer auseinanderzuhalten, da sie wahrscheinlich nur durch eine geringe Verschiedenheit der Anzahl von O-Atomen in der Elementarzelle gekennzeichnet sind ($Fe_{24}O_{36}$ und $Fe_{24}O_{32}$). Eine endgültige Entscheidung der Frage, ob die im Rahmen dieser Untersuchung auftretenden kubischen Phasen auf der Basis des γ-Fe_2O_3 oder des Fe_3O_4 aufgebaut sind, konnte daher auch hier nicht erbracht werden und muß einer besonderen Klärung vorbehalten bleiben. — Auf der Manganseite des Systems haben wir es in wärmebehandelten Proben stets mit Mn_3O_4 zu tun, in das sowohl MnO als auch Mn_2O_3 bei erhöhten Temperaturen übergehen. Diese Manganverbindungen sind sämtlich paramagnetisch.

Ferromagnetische Manganferrite von der Zusammensetzung $MnO \cdot Fe_2O_3$ und $2MnO \cdot 3Fe_2O_3$

1) Vgl. dazu Abegg, Handbuch der anorgan. Chemie, Bd. IV, Teil II B, 1930.

2) J. L. Snoek, Physica **3**, 463, 1936.

1) Vgl. J. Thewlis, Phil. Mag. **12**, 1089, 1931.

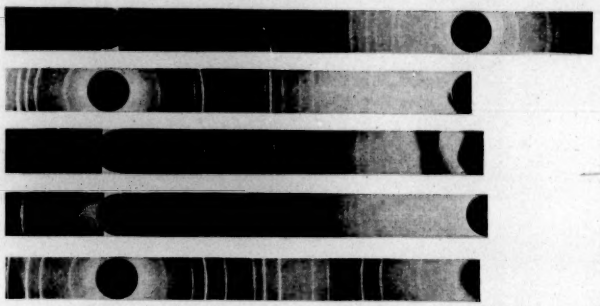


Abb. 1. Manganreiche Seite des Systems Manganoxyd-Eisenoxyd, Proben von 1300° abgeschreckt. a = 0, b = 10, c = 20, d = 30, e = 40 Atomprozent *Fe*.

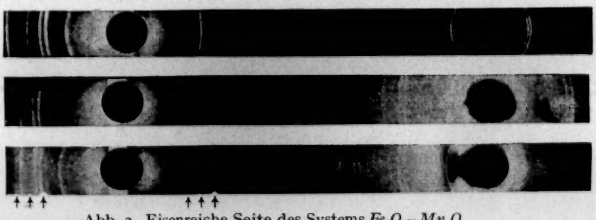


Abb. 3. Eisenreiche Seite des Systems Fe_2O_3–Mn_3O_4.
Probe a = reines α-Fe_2O_3, Probe b = 98 Atomprozent *Fe*, Probe c = 95 Atomprozent *Fe*; es treten bereits Interferenzen der kubischen Phase auf.

Abb. 7. Manganferrit (80 Atomprozent *Fe*). a = von 1300° abgeschreckt (kubisches Spinellgitter), b = bei 600° angelassen (rhomboedrisches Hämatitgitter).

wurden erstmalig von Hilpert und Wille[1]) auf nassem Wege (durch Fällung aus Natriumferrit) hergestellt und ergaben Curiepunkte von etwa 500°. Die durch Sinterung bei hohen Temperaturen gewonnenen Reaktionsprodukte stellen dagegen nach Verwey und van Bruggen[2]), soweit sie der Manganseite angehören, feste Lösungen mit tetragonaler Symmetrie dar, wobei das Gitter mit zunehmendem *Fe*-Gehalt allmählich in den kubischen Typ übergeht. In Übereinstimmung mit dem Verhalten der reinen Komponenten und einer Beobachtung von Hilpert und Wille wird diese bei hohen Temperaturen beständige Phase gewöhnlich als eine feste Lösung zwischen Mn_3O_4 und Fe_2O_3 angesprochen. Das Bestehen eines Mischkristallgebietes ist auch von Snoek bestätigt worden, der die spezifischen Sättigungen, die Koerzitivkräfte und die elektrischen Widerstände verschiedener Ferrite gemessen hat.

Versuchsproben und Meßverfahren.

Die Herstellung der für die vorliegenden Untersuchungen benutzten Proben erfolgte ähnlich wie bei Snoek nach dem Sinterverfahren durch inniges Mischen der reinen Oxyde Mn_2O_3 (bzw. Mn_3O_4) und Fe_2O_3, Zusammenpressen zu kleinen Stäbchen (bzw. Platten) und zweistündiges Sintern (in Luft) bei 1300° C. Der Eisenoxydgehalt der hergestellten Proben, ausgedrückt in Atomprozenten der reinen Metalle, betrug 0, 10, 20, 30, 38, 40, 53, 70, 80, 95, 98 Proz. *Fe*. Zur Festlegung der in verschiedenen Temperaturbereichen herrschenden Gleichgewichtszustände wurden die Prüfkörper rasch abgeschreckt und später bei verschiedenen Temperaturen kürzere oder längere Zeit angelassen.

Die Untersuchung der magnetischen Eigenschaften erstreckte sich auf die Aufnahme der Magnetisierungsintensität im Feldstärkenbereich zwischen 3000 und 10000 Gauß, woraus sich die spezifische Sättigung σ_∞ (magnetisches Moment je Gramm der Substanz) und aus der Bestimmung der Temperaturabhängigkeit dieser Werte auch der Curiepunkt und — extrapolatorisch — das Moment beim absoluten Nullpunkt ermitteln ließen. Gelegentlich wurde auch die Koerzitivkraft der Proben bestimmt.

Die röntgenographische Untersuchung der Kristallstruktur und der Gitterkonstanten der Proben erfolgte durch Debye-Scherrer-Aufnahmen mit *Fe*- oder *Co*-*K*-Strahlung in Kammern von 57,3 mm Durchmesser.

1) E. Hilpert und A. Wille, Zeitschr. f. phys. Chem. (B) **18**, 305, 1932.
2) E. J. W. Verwey und M. G. van Bruggen, Zeitschr. f. Krist. **92**, 136, 1935.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Messungen sind in den folgenden Abbildungen und Zahlentafeln zusammengestellt.

Für die von hohen Temperaturen (1300° C) abgeschreckten Proben zeigen zunächst die Röntgendiagramme (Abb. 1, siehe Tafel VII), daß in dem Bereich von 0–80 Proz. *Fe* eine homogene feste Lösung vorliegt. Für den Eisengehalt 0 tritt gemäß dem oben Gesagten das Gitter des Mn_3O_4 auf, für das in Übereinstimmung mit Aminoff[1]) eine spinellähnliche Struktur mit einer tetragonalen Verzerrung der flächenzentrierten Elementarzelle entsprechend einem Achsenverhältnis $c/a = 1{,}166$ gefunden wurde. Mit zunehmendem *Fe*-Gehalt der Proben wird die tetragonale Verzerrung des Gitters kleiner, d. h. einzelne Interferenzen nähern sich einander (vgl. Abb. 1), um von einem bestimmten *Fe*-Gehalt an in eine einzige Linie zusammenzufallen. Der gefundene Gang des Achsenverhältnisses ist

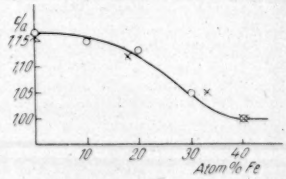


Abb. 2. Abhängigkeit des Achsenverhältnisses $\frac{c}{a}$ vom Atomprozentgehalt *Fe* im System Mn_2O_4-Fe_2O_3 (× Messungen von Verwey und van Bruggen, ○ Messungen der Verfasser).

in Abb. 2 graphisch aufgetragen und steht in guter Übereinstimmung mit den Messungen von Verwey und van Bruggen. Er läßt erkennen, daß bei etwa 40 Proz. *Fe* das Achsenverhältnis 1, d. h. ein kubisches Gitter vom γ-Fe_2O_3- oder Fe_3O_4-Typus erreicht ist (siehe auch Zahlentafel I).

Zahlentafel I

Änderung der Gitterkonstanten a und des Achsenverhältnisses c/a von Manganferriten

Atomprozent in *Fe*	a in Å	c/a
0	8,145	$1{,}16_8$
10	8,185	$1{,}14_8$
20	8,203	$1{,}13_3$
30	8,435	$1{,}04_7$
40	8,560	$1{,}00_0$

1) G. Aminoff, Zeitschr. f. Krist. **64**, 475, 1926.

Bei den Proben höheren *Fe*-Gehaltes, für die im Schrifttum keine Angaben[1]) mehr vorliegen, bleibt dieses kubische Gitter erhalten, wie die Aufnahmen an Proben mit 40, 53, 70 und 80 Proz. bewiesen (vgl. Abb. 7). Die Kantenlänge des Elementarwürfels ändert sich dabei mit abnehmendem *Mn*-Gehalt nur geringfügig, und zwar zwischen 40 und 80 Proz. *Fe* um etwa 8 Promille.

Bei weiterer Steigerung des *Fe*-Gehaltes treten neben den Linien des kubischen Gitters die einer zweiten Phase auf, die als das rhomboedrische α-Fe_2O_3 (Hämatit) identifiziert werden konnte. In der Probe mit 95 Proz. *Fe* sind dabei die starken Linien des kubischen Gitters noch deutlich zu erkennen, während bei 98 Proz. *Fe* praktisch nur die rhomboedrische Phase vorhanden ist (Abb. 3, s. Tafel VII). Wir haben es demnach in diesem Konzentrationsgebiet mit einem Gemenge des gesättigten Grenzmischkristalls mit α-Fe_2O_3 zu tun.

In mittleren Konzentrationsgebieten (zwischen 40 und 80 Proz. *Fe*), in denen wir es nach den Röntgendiagrammen mit dem ungestörten kubischen Gitter zu tun haben, wird der Curie-

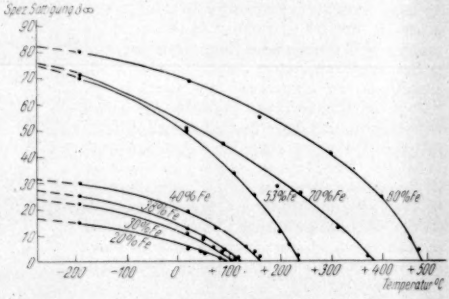


Abb. 4. Magnetisierungs-Temperaturkurven der ferromagnetischen Manganferrite.

Die Untersuchung der magnetischen Eigenschaften der von 1300° abgeschreckten Ferrite ergab in Übereinstimmung mit den Daten von Snoek, daß der Ferromagnetismus auf ein Gebiet mittlerer Konzentrationen beschränkt ist und nach beiden Seiten hin abfällt.

Im einzelnen erwies sich das Mn_3O_4 als paramagnetisch mit einer (praktisch feldunabhängigen) Suszeptibilität von rund $7 \cdot 10^{-6}$. Bei der Probe mit 10 Proz. *Fe*, die zwar eine nicht lineare Abhängigkeit, aber kein Konstantwerden der Magnetisierung mit der Feldstärke (Sättigung) zeigte, reichte die von uns gewählte Meßmethode nicht aus, um die Zuordnung zu einem stark paramagnetischen oder schwach ferromagnetischen Verhalten einwandfrei zu entscheiden. Die Proben mit 20, 30 und 38 Proz. *Fe* zeigten dagegen bereits typisch ferromagnetische Eigenschaften mit dem Auftreten von Sättigungsmagnetisierung und Hysterese, wie besonders deutlich bei der Messung in flüssiger Luft hervortrat. Für die konstitutiven Zusammenhänge ist bemerkenswert, daß der Curiepunkt für diese drei Proben nahezu gleich hoch (bei etwa 100–120° C) gefunden wurde (Abb. 4), die Kurve der Curiepunkte als Funktion der Zusammensetzung hier also nicht zu tiefen Temperaturen absinkt, sondern fast horizontal umzubiegen scheint (vgl. Abb. 5).

punkt in regelmäßiger und gegenüber dem Verlauf in den manganreichen Proben deutlich verschiedener Weise mit dem Eisengehalt zu höheren Temperaturen verschoben (siehe Abb. 5), und ebenso ändert sich auch die Sättigungsmagnetisierung stetig, wie es dem Verhalten aus einer ferromagnetischen und einer nichtferro-

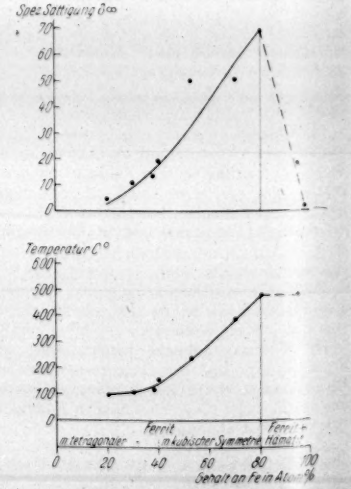


Abb. 5. Spezifische Sättigungen (oben) und Curiepunkte (unten) der Manganferrite.

1) Nach Abschluß unserer Untersuchungen wurde uns eine Veröffentlichung von van Arkel, Verwey und van Bruggen, Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas, **55**, 1936, bekannt, die hinsichtlich der Struktur der Manganferrite zu ähnlichen Resultaten kommt.

magnetischen Komponente sonstiger fester Lösungen entspricht. Die gemessenen spezifischen Sättigungen $\sigma_{\infty\,293}$ liegen zum Teil allerdings etwas tiefer als die von Snoek beobachteten, was bei der Abhängigkeit der Eigenschaften derartiger Proben von der Sinterungsdauer, Abschreckungsgeschwindigkeit u. a. nicht weiter verwunderlich ist. Sie steigen ähnlich wie bei Snoek mit wachsendem *Fe*-Gehalt an und erreichen insbesondere bei tiefen Temperaturen Werte, die die Magnetisierung beispielsweise des Nickels ($\sigma \sim 55$) um ein Beträchtliches übertreffen. Für den Mischkristall mit 80 Atomproz. *Fe* wurde so bei Raumtemperatur ein σ_∞ von 69, bei flüssiger Luft von 81 und ein Curiepunkt von 480° gemessen. Auch die Koerzitivkraft der Proben zeigt in diesem Gebiete die für Mischkristalle typische Größe von etwa 2–3 Gauß.

Bei noch höheren *Fe*-Gehalten, in den Proben mit 93 und 98 Proz. *Fe*, in denen wir es mit einem heterogenen Gemenge des gesättigten Mischkristalls und α-Fe_2O_3 zu tun haben, nimmt die Sättigungsintensität proportional der Verringerung der ferromagnetischen Phase ab. Der Curiepunkt der Probe mit 95 Proz. *Fe* wurde praktisch gleich der von 80 Proz. *Fe* gefunden, so daß diese Konzentration von 80 Proz. *Fe* auch gerade die Grenze des Existenzgebiets der festen Lösung (bei 1300°) darstellen dürfte.

Wurden die von 1300° abgeschreckten Proben nachträglich bei tieferen Temperaturen angelassen, so wurden auf der Manganseite des Systems (Proben mit 20–40 Proz. *Fe*) auch nach längerem Glühen nur geringfügige und sehr träge verlaufende Änderungen des Ferromagnetismus beobachtet. Diese Tatsache scheint in einem gewissen Widerspruch zu den Befunden von Snoek zu stehen, der beträchtliche systematische Abnahmen feststellte, erklärt sich aber zweifellos durch die außerordentliche Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit der Umwandlungen derartiger Stoffe von geringfügigen Beimengungen usw., die in den beiden Probenreihen nicht die gleichen gewesen zu sein brauchen. Irgendwelche Rückschlüsse über die Gleichgewichtszustände ließen sich daher aus unseren Messungen für dieses Konzentrationsgebiet nicht ablesen.

Dagegen zeigen die Legierungen auf der *Fe*-Seite, insbesondere die Proben mit 70 und 80 Proz. *Fe*, schon beim Anlassen bei 600° C, ausgeprägter noch bei höheren Temperaturen, eine deutliche Abnahme der Magnetisierbarkeit gegenüber dem abgeschreckten Zustand. Einige kinetische Kurven für diese Änderungen sind in Abb. 6 dargestellt, aus der man ersieht, daß beim Glühen unterhalb von 1000° der Ferromagnetismus in kurzer Zeit praktisch völlig zum Verschwinden gebracht werden kann. Eine eingehende röntgenographische und magnetische

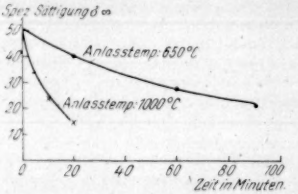


Abb. 6. Zerfall eines Ferrits mit 70 Atomprozent-*Fe* beim Anlassen.

Analyse dieser Erscheinung (vgl. Abb. 7, auf Tafel VII) zeigte, daß es sich dabei um den Zerfall des bei hohen Temperaturen beständigen kubischen Mischkristalls in einen solchen höherer Mangankonzentration und praktisch reines α-Fe_2O_3, d. h. um eine Verbreiterung des Zweiphasengebietes, handelt. Dementsprechend wird der Curiepunkt der geglühten Proben um so mehr herabgesetzt, je weiter die Entmischung fortschreitet, d. h. je geringer die Magnetisierbarkeit wird, wie durch Messung an der 80prozentigen Probe bestätigt werden konnte (vgl. Abb. 8). Im Gegensatz zu den Verhältnissen im reinen Fe_2O_3, bei dem ja ebenfalls die kubische (γ-) Phase in die rhomboedrische übergeht, erfolgt hier die Umwandlung bei wesentlich höheren Temperaturen und ist außerdem vollkommen reversibel. Durch nachfolgendes Glühen und Abschrecken von hohen Temperaturen kann die kubische Phase bzw. der ferromagnetische Zustand wieder hergestellt werden. Die Gleichgewichtstemperatur für diese Umwandlung[1]) wurde für die Probe mit 70 Proz. bei etwa 1000°,

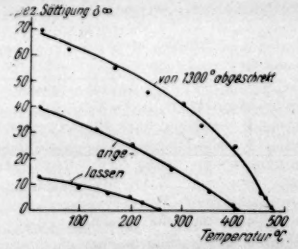


Abb. 8. Magnetisierungs-Temperaturkurven eines Manganferrits (80 Atomprozent-*Fe*) nach verschiedener Wärmebehandlung.

1) Streng genommen handelt es sich wahrscheinlich um keinen Temperaturpunkt, sondern um ein ausgedehntes Intervall.

für die Probe mit 85 Proz. bei etwa 1100° festgestellt; sie scheint demnach mit steigendem Mangangehalt zu tieferen Temperaturen hin abzusinken.

Zusammenfassend zeigt die vorliegende Untersuchung, daß in den durch Sinterung hergestellten Manganferriten der Ferromagnetismus an eine Mischkristallphase mit kubischem Gitter und sich bei hohen Temperaturen weit bis zum Fe_2O_3 hin erstreckenden Existenzbereich geknüpft ist. Ein Entscheid der Frage, ob diese Phase auf der ferromagnetischen Modifikation des Fe_2O_3 (γ) oder auf dem Magnetit Fe_3O_4[1]) aufbaut, konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit wegen der Schwierigkeit der röntgenographischen Untersuchung nicht erbracht werden und dürfte auch auf chemischem Wege nicht leicht durchzuführen sein. Rein magnetisch betrachtet könnte man aus der Extrapolation der Curiepunkts- und Sättigungskonzentrationskurve im Mischkristallgebiet, die mit wachsendem Eisengehalt auf die Temperatur etwa 620° und die Sättigung $\sigma_{290} \sim 90$, d. h. nicht weit von den Werten des Fe_3O_4 ($\Theta = 580°$, $\sigma_{290} = 90$) hinstreben, das letztere annehmen, so daß es sich dann gar nicht um einen Mischkristall $Mn_3O_4 - \gamma\text{-}Fe_2O_3$, sondern um $Mn_3O_4 - Fe_3O_4$ handeln würde.

Unabhängig von der noch nicht geklärten genauen Zusammensetzung der Ferritphase ist es aber sicher, daß der Verlust des Ferromagnetismus auf der Eisenseite an ihre Entmischung und das Auftreten der nur paramagnetischen rhomboedrischen Phase gebunden ist, so daß die Verknüpfung des Magnetismus mit der Kristallform die gleiche ist wie beim reinen Fe_2O_3. Wesentlich komplizierter liegen die Verhältnisse auf der Manganseite, auf der innerhalb der festen Lösung, d. h. ohne daß eine Heterogenität nachweisbar ist, mit steigendem Fe-Gehalt die Sättigung herabgesetzt wird, während die Curiepunkte praktisch konstant zu bleiben scheinen. Strukturell ist dieses allmähliche Verschwinden des Ferromagnetismus begleitet von der mit steigendem Mn-Gehalt auftretenden tetragonalen Verzerrung der Elementarzelle des Gitters, d. h. dem Übergang von der kubischen Spinellstruktur zur tetragonalen Mn_3O_4- (Hausmannit-) Struktur, wobei das Volumen der Elementarzelle nach Verwey und van Bruggen in diesem Bereiche jedoch praktisch konstant bleibt; der Verlust des Ferromagnetismus steht daher hier offenbar mit der Verringerung der Symmetrie des Gitters in einem ursächlichen Zusammenhang.

1) Letzteres würde also bedeuten, daß im Gegensatz zum reinen Fe_2O_3, das erst oberhalb von 1300° in Luft merklich in Fe_3O_4 und O_2 zerfällt, bei Gegenwart von Mangan die Sauerstoffabgabe schon unterhalb 1300° einsetzt, während bei noch tieferen Temperaturen wieder Fe_2O_3 beständig ist.

Zusammenfassung

Eine magnetische und röntgenographische Untersuchung von 12 Sinterproben aus dem System Manganoxyd-Eisen(III)oxyd ergab, daß der Ferromagnetismus an eine bei hohen Temperaturen beständige Mischkristallphase mit kubisch-flächenzentriertem Gitter (Spinellstruktur) gebunden ist, deren Existenzbereich sich bei 1300° bis weit zum Fe_2O_3 hin erstreckt und die durch Abschrecken auch bei Raumtemperatur instabil erhalten werden kann. Bei tieferen Temperaturen tritt auf der Eisenseite Entmischung und Übergang in die rhomboedrische (Hämatit-, $\alpha\text{-}Fe_2O_3$-) Phase auf, die nicht mehr ferromagnetisch ist. Die Verknüpfung der Magnetisierbarkeit mit der Kristallstruktur ist hier also ähnlich wie beim reinen Eisen(III)oxyd. Auf der Manganseite verschwindet der Ferromagnetismus dagegen innerhalb der festen Lösung parallel dem stetigen Übergang von der kubischen Spinell- zur tetragonalen Mn_3O_4-Struktur und der dabei auftretenden Verzerrung der Elementarzelle des Gitters.

Berlin-Charlottenburg, Januar 1938.

(Eingegangen 7. Februar 1938)

Dielektrische Eigenschaften von Manganferriten

Von E. Blechschmidt

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Zur Erweiterung der Kenntnisse über die Struktur der Manganferrite, insbesondere zu der Klärung der Frage, ob die geringe Leitfähigkeit der Manganferrite möglicherweise auf Zwischenschichten zwischen leitenden Bestandteilen zurückzuführen ist, wurden auf Anregung des Herrn Präsidenten Prof. Dr. Stark die dielektrischen Verluste einiger Manganferrite im elektrischen Wechselfeld untersucht. Bei Manganferriten mit hohem Eisenoxydgehalt ist von A. Schulze und W. Gremmer[1]) durch Spannungsbeanspruchung das Vorhandensein solcher Zwischenschichten sehr wahrscheinlich gemacht, während Versuche an Manganferriten mit einem Eisengehalt von weniger als 70 Proz. auf diesem Wege nicht zum Ziele geführt hatten. Es wurde darum

1) Siehe Physik. Zeitschr. **39**, 205, 1938

gerade bei diesen Ferriten mit hohem Mangangehalt der Versuch unternommen, auf dem Wege über die dielektrischen Eigenschaften Aufschlüsse über die Struktur zu bekommen.

Sichere und lückenlose Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen dem Aufbau eines Stoffes und seinen dielektrischen Eigenschaften, insbesondere seinen dielektrischen Verlusten, sind bisher nicht vorhanden. Man ist im wesentlichen darauf angewiesen, die zu untersuchenden Stoffe mit in ihrem Aufbau bekannten zu vergleichen. Es wurden daher zunächst einmal künstliche Versuchskörper der vermuteten Struktur hergestellt und untersucht. Zu diesem Zweck wurde Paraffin in verschiedenen Verhältnissen mit Graphitpulver bzw. Kupferpulver gemischt. Das Paraffin übernimmt hier die Rolle der nicht leitenden Zwischenschicht zwischen den leitenden Graphit- bzw. Kupferteilchen. Die Dicke der Zwischenschicht nimmt mit dem Anteil des Pulvers an der Mischung ab. Es wurden insgesamt vier Paraffin-Graphitmischungen mit den Gewichtsverhältnissen 1:100, 1:10, 1:1 und 2:1 von Graphit zu Paraffin und drei Kupfer-Paraffinmischungen mit den Gewichtsverhältnissen 1:100, 1:1 und 2:1 von Kupfer zu Paraffin hergestellt. Außerdem wurde noch ein in seinen meßbaren Eigenschaften den zu untersuchenden Ferriten ähnlicher Mischkörper gemessen, bei dem feinstes Eisenpulver mit einem Isoliermittel getränkt ist, das die Funktion der Zwischenschichten übernimmt. Ein solches Material ist wie die Manganferrite nur schwach leitend, dabei aber stark ferromagnetisch. Als Manganferritproben wurden gesinterte Platten mit einem Gehalt von 30 bzw. 38 Atom-Proz. Eisen benutzt, die bei 1300° C geglüht und abgeschreckt waren. Näheres über ihre Konstitution und ihre magnetischen Eigenschaften ist aus der Mitteilung von Kußmann und Nitka[1]) zu ersehen.

Zur Untersuchung der Proben als Dielektrikum eines Kondensators erhielten sie die Form von Platten, die auf beiden Seiten mit gleich großen kreisförmigen Metallbelegungen versehen wurden. Auf die Paraffinmischkörper konnten Stanniolplättchen von etwa 5 cm Durchmesser ohne Bindemittel durch Andrücken fest aufgeklebt werden. Auf die Manganferritplatten und auf die Eisenpulverplatte wurden Elektroden aus Zink von etwa 3,3 bzw. 2 cm Durchmesser aufgespritzt. Ein Aufbringen von gewöhnlichen Stanniolelektroden kam bei letzteren Proben nicht in Frage, da dies bei diesen Materialien nur mit Hilfe eines Bindemittels (z. B. durch einen Hauch Paraffinöl) möglich ist. Poröse Stoffe wie die Manganferrite saugen solche Bindemittel schwammartig auf, außerdem gelangt zwischen die Probekörper und die Elektroden eine, wenn auch sehr dünne Isolierschicht, wodurch die Messungen gefälscht werden können.

Die Verwendung des Zweiplattenkondensators hat gegenüber Messungen im Schutzring- oder im Dreiplattenkondensator den Nachteil gewisser Fehler durch Randstreuungen[1]). Die Methode des Schutzringkondensators wurde aus Gründen der Einheitlichkeit des Meßverfahrens nicht benutzt, da die Meßanordnungen für höhere Frequenzen eine Messung mit Schutzring nicht zulassen. Für die Dreiplattenmethode waren wiederum die Manganferritplatten nicht geeignet, da hinreichend ebene Platten oder wenigstens mehrere Platten gleicher Form nicht zur Verfügung gestellt werden konnten. Da die Messungen im wesentlichen qualitative Aufschlüsse geben sollten, so konnte das benutzte Zweiplattenverfahren, besonders im Hinblick auf die verhältnismäßig kleinen Fehler, ohne Bedenken angewendet werden.

Die Verluste eines Kondensators mit dem Werkstoff als Dielektrikum sind gegeben durch $E^2\omega C \operatorname{tang}\delta$, wo E die Spannung an der Platte, C die Kapazität zwischen den Belegungen, $\operatorname{tang}\delta$ der Verlustfaktor und ω die zur Messung benutzte Kreisfrequenz bedeuten. Die Verluste nehmen stets mit der Frequenz zu, falls nicht $\operatorname{tang}\delta$ stärker abnimmt als ω zunimmt. Charakteristisch für die Energieaufnahme eines Materials sind daher nicht die Verluste als solche, sondern vielmehr das Verhältnis von Wirkleistung zu Blindleistung $E^2\omega C \operatorname{tang}\delta / E^2\omega C = \operatorname{tang}\delta$, welches man als Verlustfaktor bezeichnet und das bei kleinem δ gleich dem Verlustwinkel ist.

Die Messungen erfolgten bei 800 Hertz, $1{,}2 \cdot 10^6$ Hertz (270 m Wellenlänge) und zwischen etwa 0,5 und $0{,}75 \cdot 10^8$ Hertz (4–6 m Wellenlänge). Für die Messungen bei Niederfrequenz wurde die bekannte Scheringbrücke benutzt, bei einer Million Hertz eine Resonanzbrücke, während die Messungen bei den höchsten Frequenzen in einem symmetrisch aufgebauten Schwingungskreis vorgenommen wurden. Der Verlustfaktor wurde in dem letzten Fall aus Dämpfungsmessungen gewonnen. Sämtliche Meßergebnisse wurden im Substitutionsverfahren erzielt. Die für die beiden benutzten Brücken unter den üblichen Vernachlässigungen abgeleiteten Gleichungen gelten bei sehr großen Verlusten, wie sie bei den untersuchten Stoffen auftreten, nicht mehr mit hinreichender Genauigkeit, es wurden daher die folgenden streng gültigen Beziehungen abgeleitet und benutzt:

1) Siehe Physik. Zeitschr. **39**, 208, 1938

1) Siehe z. B. Grüneisen und Giebe, Verh. d. Dt. Phys. Ges. **14**, 921, 1912.

a) Scheringbrücke (Abb. 1):

$$\tan\delta_x = \frac{\tan\delta}{1 - \tan\delta\tan\varphi_4 + \tan^2\varphi_4}$$

$$C_x = C_N\left(1 - \frac{\tan\delta\tan\varphi_4}{1 + \tan^2\varphi_4}\right).$$

Die Hilfsgrößen $\tan\delta$ und $\tan\varphi_4$ haben die Bedeutung

$$\tan\delta = \omega R_4 \Delta C_4\left(1 + \frac{C_z}{C_N}\right),$$

$$\tan\varphi_4 = \omega R_4 C_4 .$$

b) Resonanzbrücke (Abb. 2):

$$\tan\delta_x = \tan\delta' \frac{1 + \frac{C_z}{C_N}}{1 - \frac{C_z}{C_N}\cdot\tan^2\delta'},$$

$$C_x = C_N \frac{1 - \frac{C_z}{C_N}\tan^2\delta'}{1 + \tan^2\delta'}.$$

Die Hilfsgröße $\tan\delta'$ ist definiert durch

$$\tan\delta' = \omega\Delta R_2 C_N\left(1 + \frac{C_z}{C_N}\right).$$

Der verlustbehaftete Kondensator C_x ist bei der Ableitung der Gleichungen ersetzt gedacht durch einen verlustfreien Kondensator, dem ein Widerstand R_p parallel geschaltet ist. Die Bedeutung der einzelnen Größen ergibt sich aus den Schaltbildern. C_z ist die im Brückenzweig zu C_x parallelliegende (verlustfreie) Kapazität,

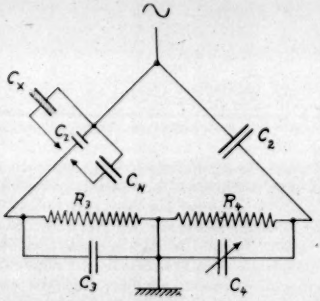


Abb. 1. Scheringbrücke.

ΔC_4 bzw. ΔR_2 sind die Beträge, um die C_4 bzw. R_2 bei der Substitution von C_x durch das verlustfreie Normal C_N geändert werden müssen.

Die Meßergebnisse sind aus der Zahlentafel zu ersehen. d ist die Dicke der Versuchsplatten, C_0 die Kapazität eines Zweiplattenluftkondensators mit der gleichen Plattengröße wie die Belegungen der Versuchsmaterialien und einem

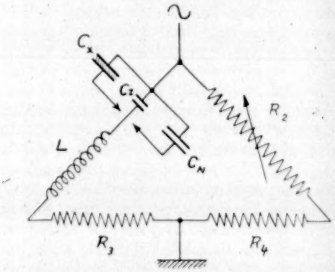


Abb. 2. Resonanzbrücke.

Plattenabstand gleich der Dicke der Materialprobe, und zwar ohne die beim Zweiplattenkondensator auftretenden Randstreuungen. C_x und $\tan\delta_x$ sind die aus den oben abgeleiteten Formeln bzw. aus Messungen im Schwingungskreis errechneten Kapazitäten und Verlustfaktoren der Platten bei den drei Meßfrequenzen. Um die Proben besser untereinander vergleichen zu können, sind die mit ε bezeichneten scheinbaren Dielektrizitätskonstanten als Verhältnisse der um den Betrag der beim Zweiplattenluftkondensator auftretenden Randstreuungen korrigierten Kapazitäten C_x zu den Luftkapazitäten C_0 angegeben. R_p sind die Ersatzwiderstände, die man erhält, wenn man die verlustbehaftete Kapazität C_x durch eine verlustfreie mit parallel geschaltetem Widerstand ersetzt denkt. Sie berechnen sich zu $R_p = 1/\omega C_x \tan\delta_x$. Aus ihnen läßt sich der spezifische Wechselstromwirkwiderstand ermitteln. Außer diesem ist für die Manganferrite und für das Eisen auch der spezifische Gleichstromwiderstand angegeben.

Für die Paraffinmischkörper kann man aus der Zahlentafel folgendes entnehmen: Die Kapazität C_x steigt mit dem Anteil der leitfähigen Substanz an, sie sinkt im allgemeinen bei gleicher Konzentration mit der Frequenz. Das gleiche gilt für den Verlustfaktor. Der Wert des Parallelwiderstandes wird mit der Konzentration und bei gleicher Konzentration mit der Frequenz kleiner.

Das Ansteigen des Verlustfaktors mit der Menge der zum reinen Dielektrikum beigemischten Substanz ist im Einklang mit der Erfahrungstatsache, daß die Verluste eines Materials im

Zahlentafel

Nr.	Zusammensetzung der Platten	d cm	C_0 $\mu\mu$F	C bzw. $\mu\mu$F bei 800	C bzw. $\mu\mu$F bei $1{,}12\cdot10^6$	C bzw. $\mu\mu$F bei etwa $0{,}6\cdot10^8$	ε bei 800	ε bei $1{,}12\cdot10^6$	ε bei etwa $0{,}6\cdot10^8$	tang δ bei 800	tang δ bei $1{,}12\cdot10^6$	tang δ bei etwa $0{,}6\cdot10^8$	R_p in Ohm bei 800	R_p in Ohm bei $1{,}12\cdot10^6$	R_p in Ohm bei etwa $0{,}6\cdot10^8$	Spez. Widerst. $10^6\Omega$ · cm bei 0	Spez. Widerst. $10^6\Omega$ · cm bei 800	Spez. Widerst. $10^6\Omega$ · cm bei $1{,}12\cdot10^6$	Spez. Widerst. $10^6\Omega$ · cm bei etwa $0{,}6\cdot10^8$
	Graphit : Parafin			Hertz			Hertz			Hertz			Hertz			Hertz			
1	1 : 100	0,56	3,31	$9_{,3}$	$10_{,2}$	$8_{,2}$	$2_{,6}$	$2_{,9}$	$2_{,3}$	0,0016	0,0040	0,0003	$1{,}35\cdot10^{10}$	$3{,}43\cdot10^{9}$	$9{,}08\cdot10^{8}$	—	106000	49,8	13,2
2	1 : 10	0,48	$3{,}8_4$	$12_{,6}$	$12_{,8}$	$11_{,6}$	$3_{,1}$	$3_{,1}$	$2_{,8}$	0,027	0,0050	0,0009	$5{,}79\cdot10^{8}$	$2{,}19\cdot10^{8}$	$2{,}35\cdot10^{8}$	—	9800	37,3	4,00
3	1 : 1	0,55	$3{,}3_2$	106	$68_{,7}$	$45_{,4}$	31	21	14	0,197	0,084	0,022	$9{,}57\cdot10^{6}$	$2{,}47\cdot10^{6}$	$3{,}11\cdot10^{6}$	—	140	0,361	0,0454
4	2 : 1	0,85	$2{,}1_6$	232	112	$55_{,3}$	107	52	25	1,70	0,188	0,052	$5{,}07\cdot10^{5}$	$6{,}78\cdot10^{5}$	$1{,}18\cdot10^{6}$	—	4,80	0,0642	0,0112
	Kupfer : Parafin																		
5	1 : 100	0,68	$2{,}5_2$	$7_{,2}$	$7_{,9}$	$6_{,4}$	$2_{,7}$	$2_{,9}$	$2_{,3}$	0,0019	0,0070	0,0003	$1{,}46\cdot10^{10}$	$2{,}71\cdot10^{6}$	$1{,}05\cdot10^{6}$	—	168500	31,3	12,1
6	1 : 1	0,48	$3{,}8_5$	$49_{,7}$	$37_{,8}$	$33_{,4}$	13	10	9	0,239	0,010	0,0010	$1{,}68\cdot10^{7}$	$3{,}83\cdot10^{6}$	$1{,}05\cdot10^{6}$	—	283	6,44	1,77
7	2 : 1	0,91	$1{,}9_6$	129	$37_{,3}$	$30_{,8}$	68	19	19	0,600	0,028	0,0014	$2{,}54\cdot10^{6}$	$1{,}38\cdot10^{6}$	$0{,}69\cdot10^{6}$	—	22,1	1,20	0,582
8	Eisenpulver	0,20	$1{,}3_7$	161	101	—	117	73	—	12,3	0,092	—	$1{,}01\cdot10^{5}$	$2{,}15\cdot10^{4}$	—	$2_{,2}$	1,5	0,33	—
	Manganferrite mit																		
9	30 Atomprozent *Fe*	0,49	$1{,}5_3$	$37_{,6}$	$15_{,2}$	—	24	10	—	11,6	0,084	—	$4{,}58\cdot10^{6}$	$1{,}12\cdot10^{6}$	—	10,8	7,93	1,94	—
10	30 Atomprozent *Fe*	0,74	$1{,}0_2$	$25_{,1}$	$13_{,0}$	$10_{,8}$	24	12	10	11,9	0,087	0,003$_6$	$6{,}70\cdot10^{5}$	$1{,}27\cdot10^{5}$	$0{,}56\cdot10^{6}$	9,2	7,74	1,47	0,758
11	38 Atomprozent *Fe*	0,55	$1{,}3_9$	$29_{,4}$	$16_{,4}$	$14_{,3}$	21	12	10	23,0	0,103	0,004$_3$	$2{,}96\cdot10^{5}$	$8{,}49\cdot10^{4}$	$4{,}35\cdot10^{4}$	6,6	4,68	1,33	0,683

allgemeinen um so kleiner sind, je homogener es ist. Ein solches Verhalten läßt sich auch nach den zuerst von Maxwell (Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus I, S. 328, Berlin 1883) behandelten und später von K. W. Wagner (Arch. f. Elektrotechn. 3, 67, 1914) weiter untersuchten Erscheinungen der dielektrischen Nachwirkung im geschichteten Dielektrikum erwarten. Ganz allgemein läßt sich hinsichtlich der Verluste zunächst formulieren: Je größer die Inhomogenität eines Materials ist, desto größer sind seine Verluste, wobei unter Inhomogenität insbesondere das Vorhandensein von Schichten verschiedener Leitfähigkeit zu verstehen ist. Nach den Meßergebnissen ist dieses Verhalten um so ausgeprägter, je niedriger die Meßfrequenz ist.

Wie aus der Zahlentafel zu ersehen ist, haben die Manganferritplatten und auch die in ihrem Aufbau bekannte Platte aus Eisenpulver außerordentlich große Verlustfaktoren, sie verhalten sich nahezu wie Ohmsche Widerstände. Die Verluste sind noch wesentlich größer als bei den Paraffinmischkörpern mit dem höchsten Gehalt an leitfähiger Substanz. Allerdings besteht bei so porösen Platten wie den Manganferritplatten leicht die Möglichkeit einer Feuchtigkeitsaufnahme und damit einer Fälschung der Meßresultate in der Richtung zu großer Verluste. Es wurde darum eine solche Platte in ein Glasgefäß eingeschmolzen und nach sorgfältiger Evakuierung und gleichzeitiger Ausheizung nochmals unter Vakuum gemessen. Der Verlustfaktor war jedoch nach dieser Behandlung nur wenig niedriger als zuvor. Umfangreichere Messungen über die Abhängigkeit des Verlustfaktors vom Verhältnis Eisenoxyd zu Manganoxyd ließen sich leider nicht durchführen, da wegen Materialmangels weitere Platten nicht hergestellt werden konnten. Zum Vergleich verbleibt somit in der Hauptsache nur die Frequenzabhängigkeit des Verlustfaktors. Hier verhalten sich die Manganferritplatten ähnlich wie die Paraffinmischplatten mit höherem Gehalt an leitender Substanz und wie die Eisenpulverplatte. Bei allen diesen Stoffen nimmt der Verlustfaktor mit der Frequenz sehr stark ab, ebenso der berechnete Parallelwiderstand. Wie man aus den Messungen an den beiden Plattensorten, bei denen das Verhältnis von Eisenoxyd zu Manganoxyd allerdings nicht allzu verschieden ist, entnehmen kann, steigt der Verlustfaktor mit dem Eisengehalt bzw. wird der Parallelwiderstand kleiner, d. h. diese Größen ändern sich ganz ähnlich wie bei den Paraffinmischkörpern mit dem Gehalt an leitender Substanz.

Besonders auffällig ist bei allen Platten die Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten ε

von der Frequenz, sofern man bei Materialien mit so großer Leitfähigkeit noch die Bezeichnung Dielektrizitätskonstante gebrauchen darf. Bei fast allen bekannten Isolierstoffen ist die Dielektrizitätskonstante von der Frequenz nahezu unabhängig, mindestens sind die Änderungen von viel kleinerem Ausmaß. Bei den hochprozentigen Mischkörpern und bei den Manganferriten ist sie aber bei 800 Hertz 2–3mal so groß als bei etwa 10^8 Hertz.

Als Ergebnis der Untersuchungen läßt sich sagen: Isoliermassen, denen ein hoher Prozentsatz leitender Substanz beigemischt ist bzw. leitende Pulver, deren Einzelpartikel von Isolierschichten umgeben sind, haben bei Niederfrequenz sehr große dielektrische Verluste (tang $\delta = 2$–20), die mit zunehmender Frequenz und mit sinkendem Gehalt an leitenden Partikeln stark abnehmen. Ihre scheinbare Dielektrizitätskonstante ist bei Niederfrequenz um ein Vielfaches größer als diejenige des reinen Isolators (z. B. $\varepsilon = 100$ gegen $\varepsilon = 2$), auch nimmt sie mit der Frequenz stark ab. Die untersuchten Manganferrite zeigen ebenfalls ein derartiges Verhalten. Man kann daraus schließen, daß sie in ähnlicher Weise inhomogen sind wie diese Mischkörper, also wahrscheinlich metallisch leitende Bestandteile enthalten, die durch isolierende Schichten voneinander getrennt sind.

Berlin-Charlottenburg, Januar 1938.

(Eingegangen 7. Februar 1938)

Widerstandsmessungen am Kupferoxydul bei hohen Feldstärken

Von F. P. Henninger

Allgemeines

Abweichungen vom Ohmschen Gesetz an Halbleitern bei normalen Bedingungen ließen sich bisher in allen Fällen durch spannungsabhängige Übergangswiderstände oder durch unzureichende Temperaturkonstanz erklären. Wirkliche Abweichung vom Ohmschen Gesetz, d. h. Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Feldstärke, wird sich bei festen Körpern vielleicht bei sehr hohen Feldstärken feststellen lassen. Bei einer Suche nach einer für solche Messungen geeigneten Widerstandsstrecke scheiden alle die Halbleiter (und Leiter) aus, bei denen spannungsabhängige Übergangswiderstände festgestellt sind; diese können sowohl an den äußeren Grenzflächen, als auch an den Korngrenzen liegen. Beispiele: *Se*, *SiC*, *Si*, viele der technischen Halbleiter und sehr wahrscheinlich auch *B*. Ein Halbleiter, für den bei niederen Feldstärken (bis 250 Volt/cm) das Ohmsche Gesetz nachgewiesenerweise gilt[1,2,3,4], ist der Kupferoxydul (Cu_2O). Alle beobachteten Abweichungen[5,6] vom Ohmschen Gesetz ließen sich bis zu Feldstärken von 250 Volt/cm zwanglos erklären durch mangelnde Temperaturkonstanz sowie durch Übergangswiderstände, die an der Grenze Cu_2O-Elektroden lagen[7]).

F. Waibel[7]) ist es gelungen, Sperrschichten aus Cu_2O von makroskopischer Dicke (0,3 mm) herzustellen. Von der Gesamtschicht wurden schrittweise 9 Teilschichten abgetragen. Der spezifische Widerstand nahm von außen nach innen exponentiell ab. Der Widerstand aller Schichten erwies sich in beiden Stromrichtungen als stark spannungsabhängig. Diese Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Spannung deutet Waibel als bedingt allein durch die Feldstärke. „Bei einer örtlichen Feldstärke von 15KV/cm (Grenzfeldstärke) bricht der Widerstand der Cu_2O-Schicht zusammen." Ob die an diesen sehr dünnen Cu_2O-Schichten gemachten Befunde auch für viel stärkere und vor allem im Widerstand homogen aufgebaute Cu_2O-Strecken zutreffen, ist eine Frage, die auch nach Ansicht Waibels der Klärung durch besondere Untersuchungen bedarf. Im Hinblick auf theoretische Folgerungen, die aus der „Grenzfeldstärke" als möglich angedeutet werden (vgl. Teil II), erschien eine Untersuchung des Widerstands massiver Cu_2O-Strecken bei hohen Feldstärken (bis 100 KV/cm) erforderlich. Die Arbeit zerfällt dementsprechend in zwei Teile. In Teil I wird der Widerstand der Cu_2O-Strecken bei hohen Feldstärken gemessen und diejenigen Konstanten der Platten bestimmt („Ablösearbeit", „Elektronenkonzentration" und „freie Weglänge"), deren Kenntnis zu einem Vergleich mit der Theorie (Teil II) erforderlich ist.

Teil I

Messung des Widerstands bei hohen Feldstärken

a) Meßmethode und Apparatur

Schon bei Messungen mit niederen Feldstärken kann die Stromwärme durch Temperaturerhöhungen Abweichungen vom Ohmschen

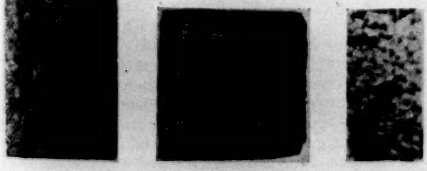
1) W. Vogt, Ann. d. Phys. **7**, 183, 1930.
2) E. Engelhard u. B. Gudden, Zeitschr. f. Phys. **70**, 701, 1931.
3) E. Engelhard, Ann. d. Phys. **17**, 501, 1933.
4) W. Schottky, F. Störmer und F. Waibel, Zeitschr. f. Hochfrequenztechn. **37**, 162, 1931.
5) A. H. Pfund, Phys. Rev. **7**, 289, 1916.
6) R. Auerbach, Zeitschr. f. Phys. **66**, 499, 1930.
7) F. Waibel, Wissenschaftl. Veröffentl. aus d. Siemenswerken. **15**, 75, 1936.

Gesetz vortäuschen[1]). Bei hohen Feldstärken ist dieser mit E^2 anwachsende Fehler besonders sorgfältig zu vermeiden. Man wird deshalb den Widerstand nur mit ganz kurzfristigen Spannungsstößen bestimmen. Diese Methode stammt von M. Wien und ist unter dem Namen „Einfunkenmethode" bekannt[2]). Einzelheiten finden sich in der zitierten Originalarbeit. Die Apparatur war im wesentlichen die in früheren Arbeiten beschriebene[3,4]). Geändert sind Kapazität, Selbstinduktion und Stoßzeit. Eine Verkleinerung der Kapazitäten war nötig, um die Wärmewirkung auch bei kleinen Cu_2O-Strecken vernachlässigen zu können. Außerdem erfolgen Durchschläge durch die Cu_2O-Platten erfahrungsgemäß leichter beim Durchfluß größerer Elektrizitätsmengen. Als Kapazitäten wurden deshalb vier in Serie geschaltete Leidener Flaschen verwendet. Die Anpassung des Dekrements an einen Wert 2π wurde durch Änderung der Selbstinduktion erreicht (stetig abgreifbare Spule mit wenigen Windungen). Da eine Abhängigkeit des Cu_2O-Widerstands von der Spannung und von der Stoßzeit[5]) nicht feststellbar war, wurden die Kapazitäten konstant gehalten. Der Spannungsstoß hatte für dieselbe Oxydulstrecke demzufolge stets dieselbe Stoßzeit und Form. Für verschiedene Oxydulstrecken von verschiedenem Widerstand w_1 und w_2 war das Verhältnis der Stoßzeiten dagegen

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{CL_1}}{\sqrt{CL_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \left(\vartheta_1 = \vartheta_2 = \pi w_1 \sqrt{\frac{C}{L_1}} = \pi w_2 \sqrt{\frac{C}{L_2}} \right),$$

somit gilt $$\frac{T_1}{T_2} = \frac{w_1}{w_2}.$$

So betrug die Stoßzeit für die Oxydulstrecken niederen Widerstands (rund 100 Ohm) rund $3 \cdot 10^{-7}$ sec, für die höheren Widerstands (rund 200 Ohm) etwa $6 \cdot 10^{-7}$ sec. (Es ist notwendig, mit Dekrementen der Größe 1π–2π zu arbeiten, damit ein möglichst großer Anteil des Stromeffekts im Indikatorkreis bei hohen Spannungen am Prüfling entsteht.) Die Form des Spannungsstoßes für eine Stoßzeit von rund 10^{-6} sec bei einem Dekrement 2π ist einer früheren Arbeit zu entnehmen[6]). Die Spitzenfeldstärke am Prüfling ist im folgenden stets als Abszisse aufgetragen. Bei der Berechnung der Scheitelspannung ist der schwer zu bestimmende Funkenwiderstand gegenüber dem Ohmschen Widerstand des Schwingungskreises vernachlässigt. Da aber für die Absolutwerte der Scheitelspannung keine Genauigkeit beansprucht wird, die ± 20 Proz. überschreitet, erschien dies unbedenklich.



1a 1b 1c

Fig. 1a–c. Beispiele untersuchter Cu_2O-Strecken. (Vergr. rd. 1 : 2,5).
a) Kompakte Platte mit größeren Einkristallen; b) Poröse Platte; c) Kompakte Platte nach „Durchschlag" (im durchgehenden Licht).

b) Material

Untersucht wurden Cu_2O-Proben ganz verschiedener Art aus Institutsbeständen. Ihre Vorgeschichte ist mir unbekannt. Viele Proben waren kompakt und wiesen Einkristalle bis zu 2 mm Durchmesser auf (Fig. 1a). Daneben wurden Platten untersucht, die ebenfalls kompakt, aber sehr feinkristallin waren (Kristalle von einigen Zehntelmillimetern) und endlich solche, die an manchen Stellen Poren aufwiesen (Fig. 1b). Als Elektrode wurde Ag im Vakuum aufgedampft und mit einer aufgespritzten Schicht aus Woodmetall verstärkt.

c) Ergebnisse an einwandfreien Platten

Untersucht wurden zunächst zwei feinkristalline Platten von 1,2(0) bzw. 1,2(5) mm Dicke und 25×25 bzw. 21×24 mm² Elektrodenfläche (Fig. 2). Sie waren in dem untersuchten Meßbereich bis 80 bzw. 90 KV/cm Scheitelfeldstärke in ihrem Widerstand von der Feldstärke unabhängig. Zur Kontrolle wurde der Widerstand der Platte bei kleinen Feldstärken aufs neue bestimmt, nachdem sie hohen Feldstärken ausgesetzt war. Eine außerhalb der Fehlergrenzen liegende Änderung des Widerstands war nie feststellbar, solange kein Durchschlag (vgl. 1f) erfolgt war.

1) Vgl. z. B. Fig. 1b der Arbeit von E. Engelhard und B. Gudden, Zeitschr. f. Phys. **70**, 701, 1931.
2) M. Wien, Ann. d. Phys. **73**, 161, 1924.
3) F. P. Henninger, Ann. d. Phys. **28**, 245, 1937.
4) F. P. Henninger, Ann. d. Phys. 1938. (Arbeit erscheint in einem der nächsten Annalen-Hefte.)
5) Bei Stoßzeitänderungen um den Faktor 2.
6) F. P. Henninger, a. a. O.

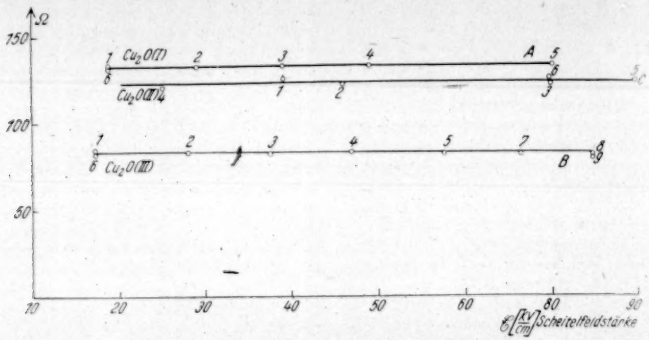


Fig. 2. Ohmsches Gesetz an Cu_2O-Strecken.

$A = Cu_2O$-Platte 25 · 25 mm² Elektroden, Dicke 1,2(0) mm; $B = Cu_2O$-Platte 21 · 24 mm² Elektroden, Dicke 1,2(5) mm; $C = Cu_2O$-Platte 11 · 6 mm² Elektroden, Dicke 0,5 mm (durchgehende Einkristalle).

Bei Platte II war die mittlere Grenzschicht, in der der Oxydul bei Oxydation des *Cu* zusammenwächst (Nahtschicht), gerade noch zu erkennen, bei Platte I überhaupt nicht mehr. Es könnte der Einwand erhoben werden, daß bei feinkristalliner Struktur der Platten die volle Spannung nicht an dem Oxydul selbst gelegen habe, da zwischen den Kriställchen Zwischenschichten sein könnten. Auch ist von vornherein der Einfluß der Nahtschicht unsicher. Man könnte vermuten, daß sowohl durch die Zwischenschichten, wie auch durch die Nahtschicht spannungsabhängige Übergangswiderstände entständen. Daß der Widerstand der Platten I und II bis zu Feldstärken von rund 90 KV/cm konstant war, spricht wohl gegen diese Einwände. Trotzdem wurde von einer Platte, die größere Einkristalle aufwies, die eine Hälfte abgeschliffen, so daß eine Platte mit durchgehenden Einkristallen entstand. An diesen Einkristallen lag dann mit Sicherheit die volle Spannung. Diese Platte (Fig. 2C) zeigte eine Konstanz des Widerstands bis zu Feldstärken von rund 90 KV/cm, die in keiner Weise hinter der der Platten I und II zurückstand, so daß der obige Einwand unbegründet ist.

d) Kontrollmessungen

Die Oxydulplatte IV wies besonders gut ausgebildete Einkristalle auf. Sie konnte mit einer Scheitelfeldstärke von 115 KV/cm reproduzierbar belastet werden, ohne daß ihr Widerstand sich änderte (Fig. 3A). Um die Behauptung von der Konstanz des Ohmschen Widerstands bis zu so hohen Feldstärken zu sichern, wurde besonders untersucht, welche Abweichungen mit der Methode noch feststellbar waren. Es ist zu bedenken, daß eine Oxydulplatte mit Elektroden im Kristallhalter als Ersatzbild einen Ohmschen Widerstand ($w(Cu_2O)$) mit parallel geschalteter Kapazität C hat (Fig. 4a). Der Leitwert der Kapazität kann bei der benutzten Stoßzeit von rund $5 \cdot 10^{-7}$ sec immerhin bei schlechter leitenden Platten einen merklichen Bruchteil des Oxydulleitwerts betragen. Deshalb besteht die Gefahr, daß etwaige Änderungen des Ohmschen Widerstands zu klein gemessen werden im Vergleichskreis. Darum wurde dem Vergleichswiderstand R_v eine kleine veränderliche Kapazität C_v parallel geschaltet. Die Größe der Kapazität wurde in einer besonderen Messung folgendermaßen bestimmt: Der Ohmsche Widerstand der Oxydulplatte wurde zunächst bei Gleichspannung (0,2 Volt, entspricht Feldstärken von rund 2,0 Volt/cm) bestimmt (w_0). Hierauf wurde mit der Einfunkenmethode (bzw. deren in einer früheren Arbeit[1]) als Methode *B* beschriebenen Abwandlung) der Widerstand der Cu_2O-Strecke bei der kleinstmöglichen Feldstärke von rund 2 KV/cm gemessen. Der Stoßausschlag war a_1. Hierauf wurde der Ohmsche Widerstand R_v des Vergleichskreises gleich w_0 gemacht. War $C_v \gtrless C_x$, so war jetzt der Stoßausschlag $a_2 \gtrless a_1$. Nun wurde C_x so lange nachreguliert, bis a_2 gleich a_1 war. Diese Einstellung C_x blieb für dieselbe Oxydulplatte für alle anschließenden Messungen bei hohen Feldstärken ungeändert. Änderte sich der Ohmsche Widerstand des Cu_2O, so mußten die Ausschläge a'_1 und a'_2 voneinander abweichen. Die zur Wiederherstellung der Gleichheit nötige Änderung ΔR_v von R_v war dann auch absolut gleich der Änderung des

[1] F. P. Henninger, a. a. O.

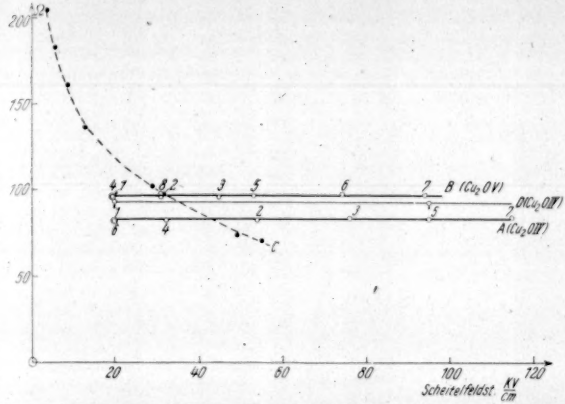


Fig. 3. Spannungsunabhängiger Widerstand von Cu_2O-Strecken, spannungsabhängiger Widerstand einer Selenstrecke als Vergleich. $A = Cu_2O$-Platte 11 · 6 mm² Elektroden, Dicke 1,1(0) mm; $B = Cu_2O$-Platte 11 · 6 mm² Elektroden, Dicke 1,1(2) mm; C = Selen-Platte $\Phi = 36$ mm, $d = 14$ mm; D = Ohmscher Widerstand von Cu_2O IV. ⊙ Kontrollmeßpunkte nach erfolgter Kapazitätskompensation.

Ohmschen Widerstands $\Delta w(Cu_2O)$ der Oxydulstrecke und nicht nur ein Bruchteil davon.

An einwandfreien Cu_2O-Strecken (vgl. das später über Anomalien Gesagte) konnte eine außerhalb der Fehlergrenzen liegende Änderung des Ohmschen Widerstands durch die Feldstärke nicht beobachtet werden. Deshalb wurde zur Kontrolle, ob $\Delta R_v = \Delta w(Cu_2O)$ ist, die Änderung $\Delta w(Cu_2O)$ thermisch verursacht (Fig. 4b). Die bei Gleichspannung und kleinen Feldstärken gemessene Widerstandsänderung der Cu_2O-Strecke stimmt innerhalb der Fehlergrenzen mit dem Wert bei kurzfristig angelegter hoher Feldstärke überein. Man kann die Genauigkeit, mit der bei sorgfältiger Kapazitätskompensation Änderungen des Widerstands festzustellen waren, mit 1–1,5 Proz. angeben. Wurde von der (ziemlich zeitraubenden) Kompensation abgesehen, so beträgt die Genauigkeit 3–5 Proz. In Fig. 3 ist zum Vergleich noch die Spannungsabhängigkeit des Widerstands einer Selenplatte eingezeichnet, deren C_s ungefähr dem der Cu_2O-Platten IV und V gleich war, um zu zeigen, wie die Methode tatsächliche Änderungen des Ohmschen Widerstands wiedergibt, auch wenn die Kompensation nicht restlos durchgeführt ist.

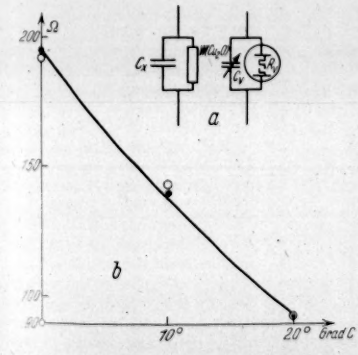


Fig. 4. Zur Kontrollmessung mit Hilfe des Temperatureffekts von Cu_2O bei kompensierter Kapazität.

a = Ersatzbild; b = ● Messung bei kleiner Feldstärke (rd. 2 Volt/cm); ○ Messung im Hochfeld (rd. 40 KV/cm Scheitelfeldstärke).

e) Anomalien und ihre Ursachen

Wie erwähnt, befanden sich unter den Cu_2O-Proben einige, deren Oberfläche Poren aufwies (vgl. Fig. 1b), sowie solche mit schlecht zusammengewachsener Mittelschicht. Nur diese Proben zeigten von der Feldstärke abhängige Widerstände (Fig. 5 Kurven A und B). Übertragung der an Selenplatten gemachten Erfahrungen[1]) ließ vermuten, daß der spannungsabhängige Widerstand dieser Platten keine Eigenschaft des Cu_2O-Gitters selbst sei. Da eine der Platten nur in der Nähe des Randes porös, im Innern aber kompakt war, wurden die Ränder abgenommen, die Restplatte auf die Hälfte abgeschliffen (Entfernung der Nahtschicht) und die verbleibenden Platten nochmals allseitig abgeschliffen, bis größere Einkristalle zu erkennen waren. Diese Platte zeigte normales Verhalten (Fig. 5 Kurve C). Die Abhängigkeit des Widerstands von der Feldstärke war also bei der Ausgangsplatte nur durch Übergangswiderstände zwischen der Silberschicht und der porösen Oberfläche, sowie in

1) F. P. Henninger, a. a. O.

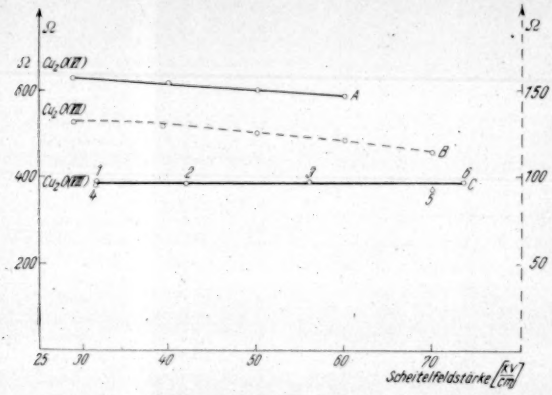


Fig. 5. Vorgetäuschte Abweichung vom Ohmschen Gesetz bei Cu_2O-Strecken.
$A = Cu_2O$-Platte 30 · 18 mm² Elektroden, $d = 1{,}2$ mm; $B = Cu_2O$-Platte 55 · 17 mm² Elektrode, $d = 1{,}2$ mm; $C = Cu_2O$-Platte (aus VII geschnitten) mit größeren Einkristallen. Elektroden: 11 · 6 mm², $d = 0{,}4$ mm.

Spalten vorgetäuscht. Alle Oxydule aus einwandfreiem Material und guten Silberelektroden befolgten bis unmittelbar vor der Durchschlagsfeldstärke (vgl. If) das Ohmsche Gesetz. Das ist auffallend, weil die Platten polykristallin waren, man also zwischen den Korngrenzen mit Übergangswiderständen rechnen mußte. Man kann den etwaigen Einfluß der Korngrenzen auf folgendem Weg untersuchen: Bei der Temperatur der flüssigen Luft ist Cu_2O ein Isolator ($\varrho > 10^{14}$ Ohm · cm). Man kann deshalb die lichtelektrischen Schubwege ermitteln einmal an einer feinkristallinen Platte und an einer Einkristallplatte, und die Ergebnisse vergleichen.

f) Der Durchbruch

Bei den früher untersuchten Selenplatten[1]) war eine Änderung des Widerstands mit steigender Feldstärke beobachtet worden, die sehr beträchtlich und vollkommen stetig war. Sie war bei Feldstärken oberhalb 5 KV/cm innerhalb der Fehlergrenzen vollkommen reproduzierbar. Steigerte man dagegen die Feldstärke an den Cu_2O-Strecken, so blieb der Ohmsche Widerstand bis zu hohen Feldstärken unverändert, bis er bei einer kritischen Feldstärke plötzlich irreversibel zusammenbrach. Bevor diese kritische Feldstärke erreicht war, war der Widerstand bei jeder kleineren reproduzierbar konstant (Fig. 2 u. 3, Reihenfolge der Meßpunkte). Der Zusammenbruch des Widerstands erfolgte in der Form eines „Durchschlags" mit deutlich erkennbarer Durchbruchsstelle und Bildung eines Kanals. (Vgl. die Platte der Fig. 1c, aufgenommen im durchgehenden Licht.) War der „Durchschlag" durch einen ersten Funken eingeleitet (Fig. 6B Pkt. 8), so vergrößerte sich durch jeden folgenden Einfunken der Stoßausschlag. Die Widerstandswerte 8–10 sind deshalb aus nur einem Stoßausschlag ermittelt. Der Durchschlag zerstört die Platte. Nachher lassen sich auch bei Feldstärken, die nur 20 Proz. der kritischen betragen, keine Werte mehr messen, die nur innerhalb 10 Proz. konstant und reproduzierbar wären. Unmittelbar in der Nähe dieser kritischen Feldstärken scheint die elektrische Festigkeit etwas zu schwanken (Fig. 6, Kurve IX): Eine Cu_2O-Strecke hatte bis rund 72 KV/cm einen reproduzierbar konstanten Widerstand. Nach Anlegen der höchsten Feldstärke (IX, 4) wurde mit der kleinsten eine Kontrollmessung ausgeführt (IX,5) und hierauf der Kristall nochmals der Höchstfeldstärke ausgesetzt. Diesmal erfolgte der Durchschlag (IX, 6). Die kritische Feldstärke

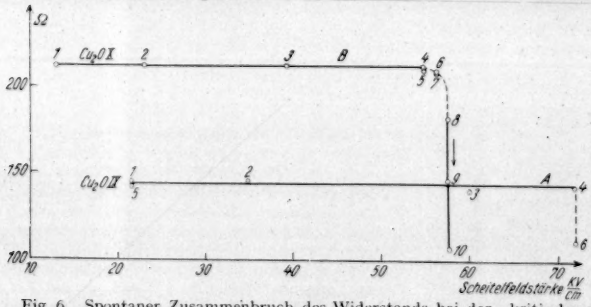


Fig. 6. Spontaner Zusammenbruch des Widerstands bei der „kritischen" Scheitelfeldstärke.
$A = Cu_2O$-Platte 30 · 30 mm² Elektrode, $d = 1$ mm; $B = Cu_2O$-Platte 40 · 20 mm; Elektroden, $d = 1{,}5$ mm.

[1]) F. P. Henninger, a. a. O.

änderte sich von Platte zu Platte, ja sie ist sogar an derselben Platte verschieden. Auf derselben Platte wurden an zwei verschiedenen Stellen zwei gleichgroße Elektrodenpaare aufgedampft. Zwischen dem einen Elektrodenpaar erfolgte der Durchbruch bei 73 ± 2 KV/cm, zwischen dem anderen bei 80 ± 2 KV/cm. Bei kleinen Feldstärken (rund 8 Volt/cm) hat schon B. Schönwald[1]) starke Schwankungen der Feldstärke gefunden. Sogar ihre Verteilung auf Vorder- und Rückseite war verschieden. Angabe einer Durchbruchsfeldstärke als Materialkonstante hat aber nur Sinn im idealen Hochspannungsfeld[2]). Weitgehende Inhomogenität des Felds erklärt, warum die Werte der Durchbruchsfeldstärke an verschiedenen Cu_2O-Strecken stark streuen. Für die Annahme, daß der Zusammenbruch des Widerstands der Cu_2O-Strecke ein mindestens wärmedurchschlagsähnlicher Vorgang ist, spricht außer der Kanalbildung folgende Beobachtung: Wurde bei unmittelbarer Annäherung an die kritische Feldstärke (schwankende Ausschläge!) die Spannung V konstant gehalten, aber die Kapazität des Stoßkreises verdoppelt und die Selbstinduktion ebenfalls (konstantes Dekrement!), so erfolgte fast regelmäßig der Durchschlag schon bei der Spannung V. Dies deutet darauf hin, daß der Durchbruch bei Annäherung an die kritische Feldstärke durch lokale Wärmeentwicklung in dem engen Bezirk kleinster elektrischer Festigkeit wesentlich erleichtert wird.

In Tabelle I ist der Wert der kritischen Feldstärken für verschiedene Platten zusammengestellt.

Tabelle I

Durchbruchsfeldstärke (Scheitelwerte)

Cu_2O-Platte Nr.	KV/cm	Cu_2O-Platte Nr.	KV/cm
I	90	VI	65 (vgl. Ie)
II	100	VII	72 (vgl. Ie)
III	88	VIII	85
IV	über 115	IX	72
V	105	X	58

g) „Materialkonstanten" der untersuchten Platten

Zum Vergleich der mitgeteilten Befunde mit der Theorie werden benötigt: „Ablösearbeit", „Leitfähigkeit", „Elektronenkonzentration" und „freie Weglänge" der jeweils untersuchten Cu_2O-Strecken. Diese Werte schwanken von Platte zu

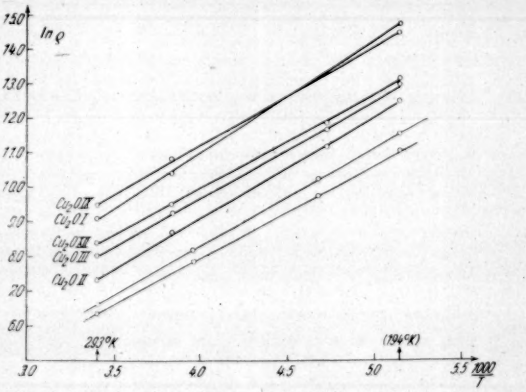


Fig. 7. Temperaturgang des spezifischen Widerstands verschiedener Cu_2O-Platten.

Platte. Manche der Cu_2O-Stücke wurden zur Erzielung einer für die Einfunkenmethode geeigneten Leitfähigkeit bei rund 1000° im Sauerstoff getempert. Starke Unterschiede in Leitfähigkeit, in der Hall- und ε-Konstanten mögen sich aus (unbekannter) Vorgeschichte und verschiedener Abkühlungsgeschwindigkeit erklären.

1. Die Ablösearbeit (ε) wurde aus der Temperaturabhängigkeit des spezifischen Widerstands ermittelt. Aus der Form $\varrho = Ae^{B/T} = Ae^{\varepsilon/kT}$ wurde ε als „Ablösearbeit" in Elektronenvolt berechnet (Fig. 7)[1]).
2. Die Leitfähigkeit σ wurde stets aus Gleichstrommessungen bei 0,2–2 Volt bestimmt, auch in den Fällen, in denen eine vollständige Kapazitätskompensation durchgeführt war (Teil Id).
3. Die Elektronenkonzentration wurde aus der gemessenen Hallspannung ermittelt aus

$$R = \frac{7{,}4 \cdot 10^{18}}{n_T} \frac{\text{cm}^3}{\text{Ampsec}}.$$

R Hallkonstante, n_0 Zahl der ablösbaren Elektronen, n_T Elektronenkonzentration bei der Temperatur T (K).

4. Die „freie Weglänge" ist nach der klassischen Theorie gegeben durch

$$l_T = \frac{R \cdot \sigma}{2{,}84 \cdot 10^9} \cdot \sqrt{T}.$$

1) Die aus der Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit berechneten ε-Werte sind kleiner als die aus dem Temperaturgang der Hallkonstanten ermittelten (Änderung der freien Weglänge!).

1) B. Schönwald, Ann. d. Phys. **15**, 395. 1932.
2) A. Gemant, Elektrophysik der Isolierstoffe, 1930.

Tabelle II

Cu_2O-Platte Nr.	Ablösearbeit (eV)	Leitfähigkeit δ Ω^{-1} cm^{-1}	Hallkonstante cm^3/Ampsec	Elektronenkonzentration	Freie Weglänge (cm)
II	0,26	$6{,}2 \cdot 10^{-4}$	$1{,}54 \cdot 10^{5}$	$4{,}8 \cdot 10^{13}$	$5{,}7 \cdot 10^{-7}$
IV	0,236	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$	$4{,}6 \cdot 10^{4}$	$1{,}6 \cdot 10^{14}$	$5 \cdot 10^{-7}$

(Alle Zahlen bei 293° K.)

Wenn im folgenden die Größe l_T als Maß für die „freie Weglänge" benützt wird, wird man sich stets bewußt bleiben, daß sie nur aus klassischen Vorstellungen heraus berechnet wurde. Jedoch haben wir wohl zur Zeit keine andere Möglichkeit zur Ermittlung der „freien Weglänge" in Cu_2O[1]).

Die Werte von ε, σ, n_{273°, R, l_{273° sind in Tabelle II für die Oxydule II und IV angegeben.

Teil II

Vergleich mit theoretischen Überlegungen

Unter normalen Bedingungen (Feldstärken höchstens einige 100 V/cm) wird man schon aus theoretischen Überlegungen keine Abweichungen vom Ohmschen Gesetz erwarten. Damit das Ohmsche Gesetz bei elektronischer Leitung gilt, wird außer der Temperaturkonstanz bei der theoretischen Ableitung gefordert:

1. Die von einem Elektron zwischen zwei unelastischen Stößen aus dem Feld gewonnene Energie sei klein gegen die mittlere thermische.
2. Die Trägerzahl n sei Feldstärke-unabhängig.
3. Die freie Weglänge sei konstant (bei variabler Feldstärke).

Zu 1: Bei den in dieser Arbeit angewandten Höchstfeldstärken wird die Voraussetzung 1 nicht mehr erfüllt sein. Rechnen wir bei 293° mit einer freien Weglänge von rund $5 \cdot 10^{-7}$ cm, so wird die auf einer freien Weglänge aufgenommene Energie in einem Feld von 60 KV/cm der thermischen schon gleichkommen und sie bei höheren Feldstärken noch wesentlich übertreffen. Es ist von vornherein fraglich, ob dadurch nicht der Gleichgewichtszustand zwischen Gitter und Elektronen verschoben wird (etwa ähnlich der Verschiebung des thermischen Gleichgewichts zwischen Atomen, Ionen und Elektronen in einem heißen Gas bei thermischer Ionisierung) und schon dadurch eine Änderung der Trägerzahl n eintritt.

Zu 2: Eine Vermehrung der Trägerzahl könnte hervorgerufen werden durch Elektronenstoß, wenn die von einem Elektron längs einer freien Weglänge aufgenommene Energie in die Größe der „Ablösearbeit" eines Elektrons kommt. Von den hier untersuchten Platten hielt (Cu_2O) IV die höchste Feldstärke (115 KV/cm) aus. An (Cu_2O) IV wurde die „freie Weglänge" zu $5 \cdot 10^{-7}$ ermittelt. Der Energiezuwachs ΔE beträgt also rund 60 mVe. Demgegenüber steht eine „Ablösearbeit" von rund 240 mVe (vgl. Fußnote S. 221). ΔE beträgt rund 25 Proz. der Ablösearbeit. Allerdings ist zu bedenken, daß die Ablösearbeit wahrscheinlich kein diskreter Wert ist, sondern daß die Bindungsenergien der Elektronen einen ganzen Bereich erfüllen. Ablöseenergien von der Größe der im Höchstfeld bei (Cu_2O) IV aufgenommenen sind vielleicht möglich, wenn auch in geringer Zahl gegenüber dem wahrscheinlichsten Wert. Die so abgelösten Elektronen könnten die Bildung einer Elektronenlawine einleiten. Mit dieser Deutung in Einklang ist die Beobachtung, daß nie ein allmähliches Nachgeben des Widerstands, sondern stets ein plötzlicher Zusammenbruch erfolgte. Zu bedenken ist weiterhin, daß schon bei kleinen Feldstärken große Abweichungen vom Mittelwert beobachtet wurden, die bis ± 50 Proz. gingen[1]). Diese Inhomogenität könnte erklären, daß bei manchen Platten ein Durchschlag schon bei kleineren Feldstärken erfolgte.

Bei Cu_2O II lauten die entsprechenden Zahlen: Energiezuwachs auf einer freien Weglänge $= 90$ KV/cm $\cdot 5{,}7 \cdot 10^{-7} = 52$ mV. Gemessene Ablösearbeit ist 260 mV. Die Stoßenergie beträgt rund 20 Proz. der Ablösearbeit. Es ist nie gelungen, Oxydulstrecken mit Feldstärken zu beanspruchen, die über 120 KV/cm lagen. Bei den meisten erfolgte der Durchschlag schon wesentlich früher (vgl. Teil Ic, d, f). Beobachtungstatsache ist, daß Platten mit größeren Einkristallen Feldstärken bis 100 KV/cm aushielten. Fraglich ist, ob der Zusammenbruch an einem einzigen großen Einkristall bei den selben Feldstärken erfolgt, da dann keine Korngrenzen mehr vorhanden sind.

Zu 3: Als dritte Größe erscheint in der Ableitung des Ohmschen Gesetzes die freie Weglänge, die Strecke zwischen zwei unelastischen Zusammenstößen. F. Waibel[1]) findet eine Feldstärkenabhängigkeit des Widerstands an Schichten von rund 40 μ. Er sieht nach einer Aussprache mit W. Schottky die Ursache „in der Abhängigkeit der freien Weglänge der Leitungselektronen von ihrer Geschwindigkeit, sofern

1) Vgl. E. Engelhard, Ann. d. Phys. **17**, 533. 1933.

1) F. Waibel, Wissenschaftl. Veröffentl. aus d. Siemenswerken **15**, 75. 1936.

diese unter dem Einfluß einer beschleunigenden Feldstärke schon innerhalb einer Laufstrecke von der freien Weglänge (etwa 10^{-6} cm) einen solchen Zuwachs erfährt, daß dieser gleich ist der thermisch bedingten Elektronengeschwindigkeit". Nun wird bei Waibels Grenzfeldstärke von $1{,}5 \cdot 10^4$ V/cm die aufgenommene Energie rund 0,008—0,009 eV sein, also rund 30 Proz. der thermischen bei 293° K betragen. (Um einen Vergleich zu ermöglichen, sind die von uns gemessenen Werte der „freien Weglänge" eingesetzt.) Wir verdanken Herrn Professor Dr. W. Schottky die freundliche Mitteilung, daß er annimmt, daß bei hohen Feldstärken das Elektron Energie über viele freie Weglängen ansammeln kann. Massive Oxydulstrecken (teilweise mit durchgehenden Einkristallen) halten ein Vielfaches der Grenzfeldstärke aus, die Waibel an Makrosperrschichten beobachtet hat. Andererseits erklärt vielleicht die Schottkysche Annahme, warum ein Durchschlag erfolgt, wenn auf einer freien Weglänge nur 20—25 Proz. der Ablösearbeit erreicht sind.

Schließlich seien die vorliegenden Ergebnisse mit denen theoretischer Arbeiten verglichen. Für den Fall des entarteten Elektronengases ($A \gg 1$) hat Margenau[1]) die Abweichung vom Ohmschen Gesetz bei hohen Feldstärken behandelt. Es ist wohl sicher, daß Cu_2O ein Leiter mit nicht entartetem Elektronengas ist (A rund 10^{-7}, unter der Annahme, daß die Elektronenkonzentrationen angenähert im Verhältnis der Leitfähigkeit stehen.) Aber selbst für den Fall, daß diese Annahme nicht zutrifft, ist ein Vergleich unserer Ergebnisse mit denen der zitierten Arbeit wenig sinnvoll, da in der Margenauschen Arbeit[1]) eine Aussage auch nur über das Vorzeichen der theoretisch zu erwartenden Abweichung nicht gemacht werden kann.

In einer Arbeit von Landau und Kompanejez[2]) wird die Abweichung der Halbleiter vom Ohmschen Gesetz in starken elektrischen Feldern berechnet. Oberhalb einer Feldstärke $E = \frac{new}{\sigma}$ sollen Abweichungen vom Ohmschen Gesetz zu erwarten sein (n Elektronenkonzentration, $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Ampsec, $w =$ Schallgeschwindigkeit im Halbleiter, σ Leitfähigkeit). Unter Annahme eines Wertes $w = 2$ km/sec und Verwendung der Werte $\sigma = 1{,}28 \cdot 10^{-10}\ \Omega^{-1}\,\mathrm{cm}^{-1}$ und $n = 0{,}8 \cdot 10^{7}$[3]) wird berechnet, daß bei Feldstärken oberhalb 1500 V/cm für Cu_2O Abweichungen vom Ohmschen Gesetz auftreten sollen. Bei den hier untersuchten Cu_2O-Platten II und IV würden die E-Werte, oberhalb deren das Ohmsche Gesetz nicht mehr gelten sollte, bei

$$Cu_2O\ (\mathrm{II})\quad \frac{4{,}8 \cdot 10^{13} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{5}}{6{,}2 \cdot 10^{-4}} = 2{,}5\ \mathrm{KV/cm},$$

$$Cu_2O\ (\mathrm{IV})\quad \frac{1{,}6 \cdot 10^{14} \cdot 3{,}2 \cdot 10^{-14}}{1{,}8 \cdot 10^{-3}} = 2{,}8\ (5)\ \mathrm{KV/cm}$$

liegen.

Beobachtet wurde aber Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes bis zu Scheitelfeldstärken von 90 KV/cm bei Cu_2O II und von 115 KV/cm bei Cu_2O IV. Die theoretischen Voraussagen von Landau und Kompanejez über Abweichungen der Halbleiter vom Ohmschen Gesetz in starken elektrischen Feldern werden durch das Experiment nicht bestätigt.

Alle theoretischen Überlegungen setzen konstante Feldstärke voraus oder wenigstens eine Rechteckkurve des Spannungsstoßes. Diese Rechteckkurve ist mit der Einfunkenmethode nicht realisierbar. Darum ist das Dekrement des Schwingungskreises so gewählt worden, daß mehr als zwei Drittel des Stromeffekts bei Feldstärken entsteht, die innerhalb 80 Proz. der Scheitelfeldstärke liegen. Man wird sich aber stets bewußt bleiben, daß etwaige Widerstandsänderungen bei hohen Feldstärken bei rechteckiger Stoßform sich stärker äußern als beim Kondensatorstoß gleicher Scheitelfeldstärke.

Zusammenfassung

1. Mit der Einfunkenmethode wurde der Widerstand massiver fein- und grobkristalliner Cu_2O-Strecken bei hohen Scheitelfeldstärken (bis 115 KV/cm) gemessen. Da die Apparatur in vorangehenden Arbeiten beschrieben wurde, werden nur ihre Abänderungen mitgeteilt.
2. Feinkristalline Platten befolgen das Ohmsche Gesetz bis rund 90 KV/cm Scheitelfeldstärke. Eine grobkristalline Platte wies sogar bis 115 KV/cm Scheitelfeldstärke einen spannungsunabhängigen Widerstand auf (Fehlergrenze 1—2 Proz.).
3. Um sicher zu sein, daß die volle Feldstärke am Oxydul selbst lag, wurde eine Platte

1) H. Margenau, Zeitschr. f. Phys. **56**, 259, 1929 und **60**, 234, 1930.

2) L. Landau und A. Kompanejez, Physik. Zeitschr. der Sowjetunion **6**, 136, 1934.

3) Aus Kikoin und Noskow, Sow. Phys. **5**, 531, 1934.

mit durchgehenden Einkristallen gemessen. Ihr Widerstand war bis 90 KV/cm Scheitelfeldstärke spannungsunabhängig.

4. Kontrollmessungen zeigten, daß bei Durchführung der Kapazitätskompensation tatsächliche Änderungen des Ohmschen Widerstands der Cu_2O-Strecken in ihrem vollen Betrag gemessen wurden.
5. An kompakten Cu_2O-Strecken mit einwandfreier Nahtschicht treten spannungsabhängige Übergangswiderstände selbst bei Scheitelfeldstärken von rund 100 KV/cm nicht auf. Es wird gezeigt, daß an porösen und schlecht zusammengewachsenen Platten beobachtete Anomalien verursacht sind durch spannungsabhängige Übergangswiderstände, nach deren Beseitigung der Widerstand spannungsunabhängig ist.
6. Bei einer kritischen Scheitelfeldstärke (minimal rund 50 KV, maximal rund 120 KV/cm) bricht der bis dahin konstante Widerstand der Cu_2O-Strecken spontan und irreversibel zusammen. Der Zusammenbruch hat durchschlagsähnlichen Charakter mit deutlich erkennbarer Durchbruchsstelle und Kanalbildung. Die starke Streuung der kritischen Feldstärken wird erklärt.
7. Ablösearbeit, Leitfähigkeit, Elektronenkonzentration und „freie Weglänge" einiger Platten werden ermittelt.
8. Die experimentell festgestellte Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes bei Cu_2O bei hohen Scheitelfeldstärken wird theoretischen Überlegungen gegenübergestellt. Die Ergebnisse einer theoretischen Arbeit von Landau und Kompanejez werden durch das Experiment nicht bestätigt.

Herrn Professor Dr. B. Gudden habe ich herzlich zu danken für wertvolle Beratung.

Herrn Professor Dr. W. Schottky danken wir für seine freundlichen Mitteilungen.

Dem Nürnberger Sonderfond sowie der Helmholtzgesellschaft danken wir für mannigfache Hilfe.

Erlangen, Physikalisches Institut der Universität, November 1937.

(Eingegangen 12. Januar 1938)

Brechungsexponent und Molrefraktion des leichten und schweren Schwefelwasserstoffs

Von

O. E. Frivold, O. Hassel und E. Hetland

Als Fortsetzung früherer Arbeiten[1]) über Lichtbrechung in Wasserstoff- und Deuteriumverbindungen wurden Messungen an H_2S und D_2S durchgeführt. Die Meßanordnung war dieselbe wie im Falle von NH_3—ND_3 und HCl—DCl. Die Verbindungen wurden durch Zutropfen von H_2O (bzw. D_2O, 99,5 Proz. Deuteriumoxyd von „Norsk Hydro-Elektrisk Kvælstofaktieselskab") zu Al_2S_3 (p.-a.-Präparat von Th. Schuchardt) dargestellt. Die Apparatur hierfür war bis auf unwesentliche Einzelheiten dieselbe wie die in der vorigen Arbeit zur Darstellung des NH_3 bzw. ND_3 beschriebene (Frivold, Hassel und Rustad, Fig. 1 loc. cit.). Die erste Falle wurde mittels Eis und Kochsalz, die zweite mittels Azeton und fester Kohlensäure gekühlt. Das in der zweiten Falle kondensierte H_2S (D_2S) wurde fraktioniert; nur die mittlere Fraktion wurde in die Vorratsbehälter N_1—N_3 übergeleitet. Das Gas wurde nach Abschluß einer Meßreihe wieder kondensiert und in die Vorratsbehälter hineingeleitet. Sicherheitshalber wurden die Messungen für jede Spektrallinie mit zwei Gasportionen durchgeführt, die unabhängig voneinander dargestellt worden waren. Trocknen des Gases über P_2O_5 und Wiederholung der Messungen mit dem getrockneten Gase führte zu keiner Änderung der Meßergebnisse.

Es wurden Messungen mit den Wellenlängen $\lambda = 4046{,}6$; 4358,3; 4916,0; 5460,8; 5893,0 und 6562,9 Å durchgeführt.

Auch diesmal werden, um Platz zu sparen, nur die Messungen an einer Spektrallinie ($\lambda = 5460{,}8$ Å) wiedergegeben. Da die mit anderen Wellenlängen erhaltenen Meßresultate hier nicht gegeben werden können, beabsichtigen wir, das betreffende Beobachtungsmaterial an anderer Stelle zusammen mit anderen Messungen vollständig zu publizieren. Die Tabellen I und II entsprechen vollkommen den Tabellen I und II (bzw. III und IV) unserer vorigen Arbeit und die verwendeten Symbole haben dieselbe Bedeutung[2]).

1) O. E. Frivold, O. Hassel und T. Skjulstad, Physik. Zeitschr. **37**, 134, 1936; O. E. Frivold, O. Hassel und S. Rustad, Physik. Zeitschrift **38**, 191, 1937.

2) N Streifenzahl, t Temperatur, H Gasdruck und n_0 reduzierter Brechungsexponent.

Tabelle I. H_2S, $\lambda = 5460{,}8$ Å

N	t	H	$(n_0-1)\cdot 10^6$
370,61	17,31	50,507	643,46
370,51	17,33	50,493	643,51
370,45	17,35	50,485	643,55
370,64	16,56	50,367	643,60
370,42	16,65	50,358	643,54
370,20	16,80	50,345	643,66
370,50	17,10	50,449	643,53
370,31	17,14	50,441	643,39
370,18	17,15	50,421	643,45
370,89	17,29	50,536	643,53
370,75	17,32	50,525	643,49
370,64	17,35	50,512	643,53
370,76	17,05	50,482	643,45
370,64	17,09	50,471	643,47
370,55	17,13	50,474	643,37

Mittelwert: $643{,}50 \pm 0{,}02$

Tabelle II. D_2S, $\lambda = 5460{,}8$ Å

N	t	H	$(n_0-1)\cdot 10^6$
350,43	17,85	48,075	640,57
350,29	17,88	48,062	640,56
350,26	17,90	48,056	640,63
350,52	18,01	48,109	640,64
350,44	18,03	48,104	640,60
350,37	18,03	48,107	640,43
350,53	18,14	48,133	640,63
350,45	18,15	48,135	640,48
350,39	18,16	48,126	640,51
350,55	18,29	48,169	640,52
350,45	18,30	48,168	640,38
350,40	18,31	48,148	640,58

Mittelwert: $640{,}54 \pm 0{,}02$

Die Berechnung von $n_0 - 1$ erfolgte auch genau wie früher, wobei für α zwischen 15° und 20° C auf Grund von Daten der „Critical Tables"[1]) der Wert:

$$\alpha = 0{,}0036604 + 0{,}00014\,\frac{H}{76}$$

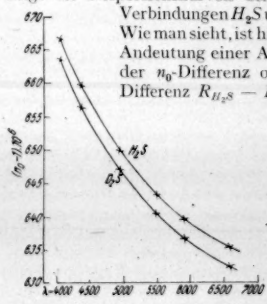
verwendet wurde.

Für den Koeffizienten φ wurde 0,010 gesetzt[2]). Im Falle des H_2S konnten unsere Meßergebnisse mit denjenigen von J. Wüst und H. Reindel[3]) verglichen werden, welche mittels der van der Waalsschen Zustandsgleichung ausgerechnet wurden. Es zeigt sich, daß die (n_0-1)-λ-Kurve von Wüst und Reindel etwas höher liegt als unsere, die beiden Kurven jedoch parallel verlaufen. Der größte Teil der Abweichung ist jedoch auf Rechnung der verschiedenen Methoden zu schreiben, nach denen die Reduktion auf den idealen Gaszustand erfolgt ist. Werden unsere Beobachtungen nämlich mittels der von Wüst und Reindel benutzten v. d. Waalsschen Zustandsgleichung reduziert, so wird fast völlige Übereinstimmung erzielt.

Tabelle III

λ Å	Gas	n_0	R	$R_{H_2S} - R_{D_2S}$
4046,6	H_2S	1,00066674	9,962	0,046
	D_2S	1,00066367	9,916	
4358,3	H_2S	1,00065965	9,856	0,048
	D_2S	1,00065640	9,808	
4916,0	H_2S	1,00064997	9,712	0,043
	D_2S	1,00064709	9,669	
5460,8	H_2S	1,00064350	9,615	0,044
	D_2S	1,00064054	9,571	
5893,0	H_2S	1,00063973	9,559	0,043
	D_2S	1,00063688	9,516	
6562,9	H_2S	1,00063551	9,496	0,043
	D_2S	1,00063263	9,453	

In der Tabelle III sind für die oben angegebenen Wellenlängen n_0, Molrefraktion R und die Werte von $R_{H_2S} - R_{D_2S}$ angegeben. Die Figur zeigt die Dispersionskurven der beiden Verbindungen H_2S und D_2S. Wie man sieht, ist hier keine Andeutung einer Abnahme der n_0-Differenz oder der Differenz $R_{H_2S} - R_{D_2S}$ mit



abnehmender Wellenlänge vorhanden. Durch Anwendung einer neuen Meßmethode hoffen wir jedoch, demnächst die Abhängigkeit der n_0-Differenzen leichter und schwerer Wasserstoffverbindungen von λ direkt bestimmen zu können. Für den Unterschied der $(n_0-1)\cdot 10^6$-Werte des H_2S und des D_2S (vgl. Tabelle VII der vorigen Arbeit) erhalten wir für $\lambda = 5461$ Å den Wert 3,0, für Δ somit 1,5.

Nähere Einzelheiten sowie die Diskussion der Meßergebnisse sollen in der oben angekündigten ausführlichen Arbeit gebracht werden.

Oslo, Physikalisches und Physikalisch-Chemisches Institut der Universität, Dezember 1937.

(Eingegangen 8. Januar 1938)

[1]) Vgl. Crit. Tabl. III, S. 16. $\alpha_{\varphi,76\ cm} = 0{,}00382$, $\alpha_{76\ cm}$ Mittelwert zwischen 0° und 100° C 0,00377.
[2]) Crit. Tabl. III, S. 3.
[3]) J. Wüst und H. Reindel, Zeitschr. f. phys. Chem. (B) **24**, 155. 1934.

Über eine neue Art von Elektreten: Photoelektreten

Von G. Nadjakoff

1. 1925 hat Eguchi[1]) darauf hingewiesen, daß eine passend gewählte Mischung von Dielektriken (Harze und Wachse), wenn man sie unter der dauernden Einwirkung eines elektrischen Feldes erstarren läßt, in einem permanent-polarisierten Zustand verbleibt (Elektret). Die auf diese Weise gleichzeitig thermisch und elektrisch formierten Dielektriken seien als thermisch-permanent-polarisierte Dielektriken oder als Thermoelektreten bezeichnet.

Ich möchte hier einige Versuchsergebnisse mitteilen, aus denen zu ersehen ist, daß es möglich ist, eine ganz neue Art Elektreten herzustellen. Man kann sie bei passend gewählten Dielektriken unter gleichzeitiger Einwirkung von Licht und elektrischem Feld formieren. Ich möchte einen derart permanent-polarisierten Zustand eines Dielektrikums als photopermanent-polarisierten Zustand und das so formierte Dielektrikum als Photoelektret bezeichnen.

2. Ich möchte ferner darauf hinweisen, daß die klassische Methode zur Beobachtung des Polarisations- und Depolarisationsstroms bei Dielektriken auch als Methode zur Verfolgung der Erhaltung des permanent-polarisierten Zustandes eines Elektrets benutzt werden kann. Die Stromkurve eines Dielektrikums oder der Flächeninhalt zwischen Kurve und Zeitachse charakterisiert seinen polarisierten Zustand vollkommen (nach Strom bzw. Elektrizitätsmenge). Die Stromkurve der Depolarisation des Dielektrikums bzw. der entsprechende Flächeninhalt charakterisieren andererseits den Depolarisationsgang nach Strom oder Elektrizitätsmenge. Der Vergleich von Depolarisationskurven bzw. -flächeninhalten, die unter, den Polarisationszustand vernichtenden Bedingungen erhalten werden, mit den entsprechenden-normalen Kurven (aufgenommen bei einem Temperatur- oder Lichtzustand, bei dem die Polarisation der Elektrete vorgenommen wurde) stellt eine sehr empfindliche Methode zur Beobachtung des permanent-polarisierten Zustandes sowie seiner Veränderungen unter verschiedenen Einwirkungen dar. Mit Hilfe dieser Methode läßt sich feststellen, ob ein gewisser Polarisationszustand permanent ist und inwieweit er es bleibt. Es läßt sich auch jede Abweichung, die als Folge verschiedener Einwirkungen auf die Elektreten eintreten kann, ermitteln. Diese Methode ist bis jetzt noch nicht in dieser Weise verwendet worden. Nur Frei und Groetzinger[1]) haben in ähnlicher Weise die Depolarisation beobachtet, indem sie z. B. die freigemachte elektrische Energie beim Schmelzen des Elektrets verfolgen.

3. Die Versuche wurden mit dem Quadrantelektrometer von Debierne ausgeführt, das zur Strommessung nach der Methode der konstanten Ablenkung angepaßt war. Der Potientialabfall findet innerhalb eines Gasionenwiderstandes, der mit einem radioaktiven Körper versehen ist, statt. Die Versuche wurden mit reinem Schwefel als Dielektrikum ausgeführt (Plättchen der Dicke 1,7 mm, der wirksamen Fläche 10 cm²).

Die Herstellung des Schwefelplättchens aus dem flüssigen Zustand sowie die Versuchsanordnung ist bei früheren Untersuchungen ausführlicher beschrieben worden[2]). Das Schwefelplättchen ist mit einer durchsichtigen Wasserelektrode und einer Metallelektrode nach Röntgen[3]) verbunden. Frühere Untersuchungen von mir zeigten, daß die unter der Einwirkung des Lichtes erhöhte Leitfähigkeit des Schwefels auch als erhöhter Polarisations- und Depolarisationsstrom aufgefaßt werden kann. Diese Photoströme befolgen das gleiche Gesetz wie die Dunkelströme, nur daß die Konstante vor dem Exponentialglied von höherer Ordnung ist[4]).

Mit einer solchen Schwefelzelle erhält man bei einer Spannung von nur 80 Volt und einer Beleuchtungsstärke von 6000 Lux (elektrische Lampe von 200 Watt) einen Anfangsphotostrom von etwa 200–250 Skalenteilen. Unter gleichen Bedingungen im Dunkeln sind die Polarisations- und Depolarisationsströme unmeßbar klein.

4. In Fig. 1 ist der allgemeine Verlauf der Erscheinung bei einem solchen S-Plättchen dargestellt. Er charakterisiert die Polarisation und Depolarisation im Licht und im Dunkeln. Zuerst ist eine Spannung von 80 Volt im Dunkeln angelegt; in der 4. Min. wird das Dielektrikum mit 6000 Lux belichtet. Der Wert des Stromes steigt momentan vom unmeßbaren geringen Dunkelwert auf einen verhältnismäßig hohen Wert und beginnt dann sofort nach dem charakteristischen Polarisationsverlauf zu fallen. In der 15. Min. wird verdunkelt; der Strom verschwindet momentan. Die Stromlosigkeit bleibt auch nach Wegnahme der Spannung erhalten. Das deutet darauf hin, daß auch beim photopolarisierten

1) M. Eguchi, Phil. Mag. **49**, 178, 1925.

1) H. Frei und G. Groetzinger, Physik. Zeitschrift **37**, 720, 1936; G. Groetzinger und H. Kretsch, Zeitschr. f. Phys. **103**, 33, 1936.

2) G. Nadjakoff, Jahrb. der Univ. Sofia II. **1** (Bd. **22**), 61, 1926; Zeitschr. f. phys. Chemie **36** (B), 314, 1937.

3) Röntgen, Ann. d. Phys. **64**, 1, 1921.

4) G. Nadjakoff, Jahrb. der Univ. Sofia II. **1** (Bd. **23**), 72, 1927.

Zustand keine Depolarisation im Dunkeln stattfindet. In der 19. Min. wird wieder in der gleichen Stärke belichtet; wobei jetzt keine Spannung mehr angelegt ist. Es tritt sofort eine starke Photodepolarisation auf, die ebenfalls asymptotisch gegen Null konvergiert. Verdunkelt man von neuem (in der 29. Min.), so hört damit momentan auch die Photodepolarisation auf. Während der Belichtung strebt demnach das

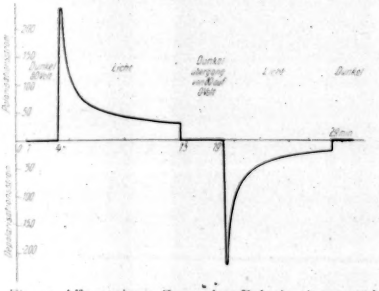


Fig. 1. Allgemeiner Gang des Polarisations- und Depolarisationsstromes im Dunkel und Licht bei einer Spannung von 80 und 0 Volt. Beleuchtungsstärke 6000 Lux.

Dielektrikum zu seinem Normalzustand, indem der photopolarisierte Zustand verschwindet. Diese Tatsache ähnelt vollkommen der Depolarisation eines Thermoelektrets, welche Frei und Groetzinger (l. c.) beim Schmelzen beobachteten. Bei den Photoelektreten lassen sich die Vorgänge viel genauer verfolgen als bei den Thermoelektreten, da man die Belichtung momentan ändern kann, während die Temperaturen sich überhaupt nicht plötzlich ändern lassen.

Die Permanenz eines Photoelektrets zeigt Fig. 2 noch besser. Hier sind graphisch drei Meßreihen von Polarisation und Depolarisation im Licht abgebildet. Bei der 1. und 3. Meßreihe folgt die Depolarisation sofort auf die Polarisation, während bei der mittleren Meßreihe (Kreuzchen) die Depolarisationskurve aufgenommen wurde, nachdem das Dielektrikum 15 Stunden im Dunkeln bei geerdeten Elektroden verblieben war. Das vollkommene Zusammenfallen dieser Kurven zeigt, daß der photopolarisierte Zustand des Dielektrikums vollkommen erhalten bleibt, solange es im Dunkeln bewahrt wird, d. h. daß das Dielektrikum im Dunkeln permanent-polarisiert verbleibt, trotzdem die es begrenzenden Elektroden kurz geschlossen gewesen sind.

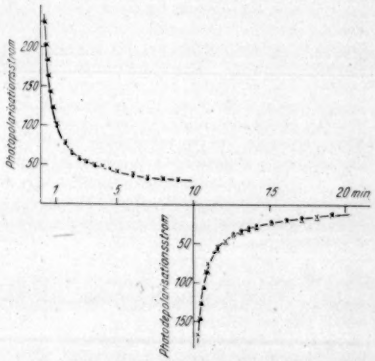


Fig. 2. Polarisations- und Depolarisationsstromkurven aus drei Meßreihen. Bei der mittleren Meßreihe (Kreuzchen) ist die Photodepolarisation nach einer 15stündigen Depolarisation im Dunkel, bei den zwei anderen Meßreihen sofort vorgenommen worden. Beleuchtungsstärke 6000 Lux.

Weitere Untersuchungen über die neuen Elektrete sind im Gang und sollen später mitgeteilt werden.

Zusammenfassung. Es wird über eine neue Art permanenter Polarisation einiger Dielektriken unter gleichzeitiger Einwirkung von Licht und elektrischem Feld berichtet. Solche Polarisationen sind nur an Dielektriken, wie z. B. Schwefel, möglich, welche eine charakteristische lichtelektrische Leitfähigkeit aufweisen. Dieser Zustand wird als photopermanent-polarisierter Zustand und das entsprechend formierte Dielektrikum als Photoelektret bezeichnet, im Gegensatz zum Zustand, den Eguchi beschrieben hat und der als thermopermanent-polarisierter Zustand bzw. Thermoelektret bezeichnet sei.

Sofia, Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 22. Juni 1937)

Über die Molekularvorgänge an der Elastizitätsgrenze[1])

Von Adolf Smekal

1. Unter der Elastizitätsgrenze eines Festkörpers versteht man jene mechanische Beanspruchungsgrenze, bei der für die gewählte Beanspruchungsart die „ersten dauernden Formänderungen" eintreten. Die Anwendung dieser Begriffsbestimmung kann von praktischen Fragen der Meßempfindlichkeit nur dann unabhängig gemacht werden, wenn man bis auf die irreversiblen Molekularvorgänge zurückgeht; die mit den „ersten dauernden Formänderungen" gleichbedeutend sind. Damit dies ohne Einschränkung geschehen kann, muß der Begriff der „Formänderungen" so weit genommen werden, daß damit nicht nur äußere, sondern auch „innere" Gestaltänderungen gemeint sind, d. h. Strukturveränderungen beliebiger Art.

2. Die bisherigen Ansichten über die Natur des Plastizitätsbeginnes gründen sich auf die Ergebnisse makroskopischer Wahrnehmungen. Bei kristallisierten Stoffen, insbesondere an Einkristallen, führt man die ersten dauernden Formänderungen auf die Bildung kristallographisch ausgezeichneter „Gleitebenen" zurück, die als Elementarvorgänge betrachtet werden und bei endlichen, wenn auch recht niedrigen Beanspruchungen einsetzen sollen. Für glasigamorphe Festkörper dagegen pflegt aus den Beziehungen zum flüssigen Zustand gefolgert zu werden, daß dauernde Formänderungen bereits bei beliebig kleinen Beanspruchungen möglich sind. Das Fehlen oder Vorhandensein einer endlichen Elastizitätsgrenze ist geradezu als makroskopisches Kriterium zur grundsätzlichen Unterscheidung zwischen Gläsern und kristallisierten Festkörpern benutzt worden.

3. Vom theoretischen Standpunkt müssen die ersten irreversiblen Molekularvorgänge bei mechanischer Beanspruchung in jenen Raumteilen der Festkörper erwartet werden, in denen die höchsten elastischen Anspannungen auftreten. Solche Spannungs„spitzen" können in bekannter Weise durch die Kerbwirkung von Rissen und Hohlräumen zustande kommen. Eine zweite, bisher zu wenig beachtete Möglichkeit beruht auf dem Vorhandensein örtlicher Selbstspannungen, die bei zusätzlicher äußerer Beanspruchung verstärkt werden. Da Eigenspannungen in homogenen Körpern nicht bestehen können, muß auch diese zweite Art von Spannungsspitzen mit Inhomogenitätsstellen zusammenhängen. Offenbar wird ein Zusammenwirken beider Möglichkeiten — Selbstspannung und Kerbwirkung — besonders hohe örtliche Spannungssteigerungen in mechanisch beanspruchten Körpern herbeiführen können.

Das Auftreten einer Spannungsspitze bedeutet die örtliche Aufspeicherung von maximaler elastischer Verformungsarbeit an bestimmten, bei Kerbstellen gelegenen Molekularbausteinen. Diese individuelle Energiezufuhr ist für den Eintritt der ersten irreversiblen Strukturveränderungen verantwortlich zu machen. Um Bruchvorgänge auszuschließen, müssen die Beanspruchungsbedingungen für ein sprödes Verhalten der Körper[1]) vermieden bleiben. Eine scharfe Abgrenzung gegenüber plastischem Verhalten besteht jedoch nicht, da bereits allen wärmebeeinflußten Brucherscheinungen bestimmte irreversible Strukturveränderungen vorangehen, die jedenfalls als ein möglicher Grundtypus von ersten irreversiblen Molekularvorgängen anzusprechen sind. Sie beruhen, wie wir zeigen konnten[1]), auf dem örtlichen Abbau von Spannungsspitzen durch „spannungsthermisch" beschleunigte Abwanderung der meistbeanspruchten Molekularbausteine. Es sind dies die gleichen Vorgänge, die auch den spontanen thermischen Abbau hoher Selbstspannungen herbeiführen. Ein zweiter Grundtypus von irreversiblen Molekularvorgängen, die durch örtliche Konzentrationen elastischer Energie ausgelöst werden, könnte in der Bildung von Gleitebenen vermutet werden.

4. Die Betätigung der beiden vorhin gekennzeichneten Arten von Spannungsspitzen — durch Kerbwirkung allein oder durch Mitwirkung von Selbstspannungen — konnte an unserem Modellkristall für alle derartigen Untersuchungen, dem Steinsalz, bequem gesondert nachgewiesen werden. Hierzu diente die Feststellung von H. Wolff, daß die sogenannten „erregten" Farbzentren der Alkalihalogenidkristalle[2]) an Kristallgebiete mit Eigenspannungen gebunden sind[3]), während die gewöhnlichen „unerregten" Farbzentren als Kennzeichen ursprünglich eigenspannungsfreier Kristallstellen aufzufassen

1) Vortrag auf der Tagung des Gauvereins Thüringen-Sachsen-Schlesien der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zu Dresden am 8. Januar 1938.

1) Zeitschr. f. Phys. **103**, 495–525, 1936; Ergebn. d. exakten Naturwiss. **15**, 106–188, 1936.

2) R. W. Pohl, Ann. d. Phys. **29**, 239–245, 1937, benutzt diese Bezeichnung neuerdings für jede längerwellige Elektronenanlagerung als in der normalen Farbzentrenbande (vgl. a. a. O., Abb. 1), welcher Begriffserweiterung wir uns hier nicht anschließen.

3) H. Wolff, Physik. Zeitschr. **37**, 552–554, 1936.

sind[1]). Die Eigenspannungsgebiete sind bei unverformten Kristallen optisch nicht auflösbar, also von amikroskopischen Abmessungen. Reinste synthetische Steinsalzkristalle haben wenige Eigenspannungsgebiete, solche mit gitterfremd eingebauten Zusatzstoffen (z. B. $SrCl_2$) dagegen zahlreiche Selbstspannungen. Versieht man solche Kristalle mit Farbzentren, so kann man praktisch zwei Grenzfälle verwirklichen: zusatzfreie Kristalle mit unerregten Farbzentren und fremdstoffhaltige Kristalle mit erregten Farbzentren; d. h. Kristalle mit einer Anzahl von gekennzeichneten eigenspannungsfreien Stellen und solche mit einer Anzahl von gekennzeichneten Eigenspannungsgebieten. Herr Wolff hat in seiner Doktorarbeit u. a. auch den Einfluß plastischer Verformung auf die Farbzentrenbanden derartiger Kristalle untersucht[2]). Hierbei zeigte sich, daß die Bande der unerregten Zentren eine Rotverschiebung, die rotverschobene Bande der erregten Zentren dagegen eine Violettverschiebung erfährt. Rotverschiebung bedeutet Zufuhr, Violettverschiebung Abnahme örtlich vorhandener elastischer Verformungsenergie; bisher war nur der erstere Fall von Bandenverschiebung bekannt gewesen[3]). Die atomare Sonde der Farbzentren liefert also den Nachweis, daß amikroskopische Selbstspannungen des Kristallmaterials durch plastische Verformung vermindert werden können. Von den in ursprünglich spannungsfreien Kristallbereichen neu auftretenden Eigenspannungen ist schon früher gezeigt worden, daß sie auf Spannungsspitzen an Kerbstellen zurückzuführen sind[4]).

Dieser Nachweis der Betätigung amikroskopischer Spannungsspitzen von Kerbwirkungen und von Selbstspannungen, bei ausgebildeter plastischer Verformung, spricht für das Bestehen ähnlicher Vorgänge auch beim Beginn der Plastizität, an der uns interessierenden Elastizitätsgrenze. Sie mit der Methode der Farbzentren zu erfassen, erscheint jedoch aus Intensitätsgründen ziemlich hoffnungslos. Wir haben früher jene Druckspannung, bei der die erste meßbare Zerstörung von Farbzentren eingesetzt, reproduzierbar gefunden und als „photochemische Elastizitätsgrenze" bezeichnet[1,2]). Sie lag für unsere synthetischen Steinsalzkristalle mit und ohne Fremdstoffzusatz bei etwa 38 g/mm²[2]). Da die Zerstörung von Farbzentren mit einer über 10 mμ betragenden Rotverschiebung ihrer Absorptionsbande gleichbedeutend ist, muß man, in Anbetracht der Möglichkeit geringerer Rotverschiebungen und gleichzeitiger „spannungsthermischer" Wanderungsvorgänge von Molekularbausteinen an Kerbstellen, damit rechnen, daß die genannte „photochemische" Grenzspannung nicht unbeträchtlich über der gesuchten molekularen Elastizitätsgrenze gelegen ist. In diesem Zusammenhang ist es von besonderem Interesse, daß eine Gleitebenenbildung selbst an dieser „photochemischen Elastizitätsgrenze" noch nicht nachweisbar ist, sondern erst bei höheren Beanspruchungen gefunden wird.

5. Um die Tragweite elastischer Spannungsspitzen auch für geringe Beanspruchungen beurteilen zu können, haben wir den Integraleffekt sehr zahlreicher derartiger Spannungsstörungen durch die Spannungsdoppelbrechung unseres Modellkristalls bestimmt. Die erforderliche hohe Meßempfindlichkeit für sehr kleine Spannungsdoppelbrechungen konnte mittels eines Glimmer-Halbschattenkompensators nach Szivessy leicht erzielt werden. Die Messungen wurden in Gemeinschaft mit Prof. Yôichi Kidani aus Port Arthur durchgeführt und betrafen Spaltwürfel eines sehr vollkommenen natürlichen, sowie eines frisch gezogenen synthetischen Steinsalzkristalls[3]). Beide Kristalle zeigten innerhalb des für die Messungen gewählten Gesichtsfeldes eine geringe, merklich homogen verteilte Doppelbrechung, d. h. Eigenspannungen ohne Gleitebenenspuren. Die Kristalle wurden durch geringe gleichförmige Drucke senkrecht zu einem Würfelflächenpaar bis zu höchstens 27 g/mm² beansprucht. Hierbei ergab sich ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen Doppelbrechung und Druckbeanspruchung, der für den natürlichen Kristall bis 18,5 g/mm² reversibel blieb, ohne alle Spuren von Gleitebenenbildung. Wie man leicht überlegt, bedeutet die Nichtlinearität, daß die räumlich-homogene Verteilung der Eigenspannungen nur scheinbar ist und daß in Wirklichkeit eine inhomogene Verteilung vorliegen muß, wenn auch nur innerhalb optisch nicht auflösbarer Kristallgebiete. Der

1) Mit Rücksicht auf die erfolgversprechende neue Theorie der Farbzentren von D. Blochinzew, Sow. Physik. Zeitschr. **10**, 431–441, 1936, sowie R. Gurney und N. F. Mott (vgl. N. F. Mott, Nature **139**, 951–954, 1937) sei betont, daß die obigen Feststellungen von besonderen Deutungen der Farbzentren unabhängig sind.

2) H. Wolff, Diss., Halle 1937 (wird in der Zeitschrift für Physik erscheinen).

3) K. Helbig, Zeitschr. f. Phys. **91**, 573–592, 1934; E. Poser, Zeitschr. f. Phys. **91**, 593–599, 1934.

4) Physik. Zeitschr. **34**, 633–639, 1933; Int. Conf. Phys. London, Bd. II, 93–109, 1934.

1) Physik. Zeitschr. **34**, 633–639, 1933; Int. Conf. Phys. London 1934, Bd. II, 93–109.

2) E. Poser, a. a. O.; H. J. Schröder, Zeitschrift f. Phys. **76**, 608–627, 1932.

3) Vorläufige Mitteilung: Y. Kidani und A. Smekal, Physica **4**, 606–608, 1937.

synthetische Kristall ergab bereits nach 9,6 g/mm² so beträchtliche irreversible Abnahmen der Spannungsdoppelbrechung, daß hier Druckspannungen von wenigen g/mm² schon merkliche Abnahmen der Eigenspannungen herbeiführten. Durch mehrfaches Belasten und Entlasten konnten die Eigenspannungen immer mehr verringert werden. Irreversible Zunahmen der Spannungsdoppelbrechung traten bei beiden Kristallen erst für Druckspannungen von 18,5 g/mm² an auf.

Durch den Nachweis räumlich-inhomogener Verteilung der Selbstspannungen darf die Mitwirkung von Spannungsspitzen nunmehr auch für die bei sehr kleinen äußeren Beanspruchungen gefundenen irreversiblen Strukturveränderungen als gesichert gelten. Obwohl die Spannungsspitzen selbst — im Gegensatz zu den Farbzentrenbeobachtungen — durch das Meßverfahren nicht unmittelbar erfaßt werden können, darf doch jedenfalls gefolgert werden, daß sie im synthetischen Kristall höher sind als im natürlichen Kristall, weil die ersten irreversiblen Veränderungen im ersteren bei kleineren äußeren Beanspruchungen einsetzen. In Anbetracht der stark verschiedenen Entstehungstemperaturen beider Kristallarten ist diese Verschiedenheit ihrer Selbstspannungen wohl verständlich. Das Verhalten des synthetischen Kristalls zeigt, daß mit zunehmender Beanspruchung zunächst ein Abbau von Selbstspannungen eintritt und erst später neue Eigenspannungen geschaffen werden. Der Abbau von Eigenspannungen findet auch spontan, allerdings mit sehr geringer Geschwindigkeit, statt und ist zweifellos auf „spannungsthermische" Molekularvorgänge zurückzuführen (§ 3). Die irreversible Bildung neuer Eigenspannungen dagegen ist mehrdeutig; ob sie gleichfalls auf derartigen Molekularvorgängen beruht oder durch Gleitebenenbildung innerhalb amikroskopischer Kristallgebiete zustande kommt, ist unentschieden. Sicher ist nur, daß unter den ersten dauernden Strukturveränderungen Gleitebenenbildung auch mikroskopisch nicht nachweisbar ist.

6. Eine weitergehende Verfeinerung der Meßmittel zur Untersuchung der Spannungsdoppelbrechung könnte etwa noch eine Zehnerpotenz gewinnen lassen. Sie würde voraussichtlich ein weiteres Absinken der mechanischen Beanspruchungen erbringen, bei denen die ersten irreversiblen Strukturveränderungen nachweisbar werden. Die bisher erhaltenen Aufschlüsse gestatten jedoch, von den Molekularvorgängen an der Elastizitätsgrenze auch ohne solche Messungen ein plausibles Bild zu entwerfen.

Wir finden in unseren Modellkristallen stets Selbstspannungen und müssen damit rechnen, daß solche in allen wirklichen Kristallen vorhanden sind. Diese Selbstspannungen werden durch thermische Abwanderung der von ihnen betroffenen Kristallbausteine so weitgehend vermindert, bis die Abbaugeschwindigkeit äußerst langsam geworden ist. Jede noch so kleine äußere mechanische Beanspruchung verstärkt einen Teil der Selbstspannungshöchstwerte, belebt daher den thermischen Abbauvorgang und bewirkt dadurch neue, irreversible Strukturveränderungen im Kristallinneren. In diesem Sinne erscheint eine endliche Elastizitätsgrenze für den Eintritt irreversibler Molekularvorgänge bei kristallisierten Stoffen ebensowenig vorstellbar wie an glasigen Festkörpern. Die Beobachtbarkeit solcher Vorgänge wird allerdings zu einer Frage der Meßempfindlichkeit und des Zeitaufwandes für die Beachtung.

Die zu den Untersuchungen über Spannungsdoppelbrechung benutzten Leihgaben von Apparaten verdanken wir der Helmholtz-Gesellschaft.

Halle a. d. S., Institut für theoretische Physik der Martin-Luther-Universität.

(Eingegangen 12. Januar 1938)

BESPRECHUNGEN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder vom Verlag angezeigten Bücher sind in allen deutschen Buchhandlungen zu erhalten

Bessel Functions, Part I, Functions of orders zero and unity. Mathematical Tables: Volume VI. Cambridge 1934. University Press. Preis 40 sh.

Als sechster Band der mathematischen Tafeln, welche von der „British Association for the advancement of Science" herausgegeben werden, erschien ein 288 Seiten starkes Buch, welches Zahlenwerte für die Besselschen Funktionen nullter und erster Ordnung enthält. Es enthält Zahlenwerte für $J_0(x)$ und $J_1(x)$ auf 10 Dezimalen abgerundet für Werte von x zwischen 0 und 15,950 in Intervallen von 0,001 und für Werte von x zwischen 16 und 24,50 in Intervallen von 0,01. Ferner eine Tafel der ersten 150 Nullstellen von $J_0(x)$ und $J_1(x)$. Dann eine Tafel für $Y_0(x)$ und $Y_1(x)$ für Werte von $x = 0$ bis $x = 24,50$ in Intervallen von 0,01, sowie eine Zusatztafel zur Erleichterung der Interpolation für kleine Werte von x zwischen 0 und

0,50. Dieser Tafel folgt ähnlich wie bei den Funktionen $J(x)$ eine Tafel der ersten 50 Wurzeln von $Y_0(x)$ und $Y_1(x)$. Für große Werte von x können die Funktionen mit Hilfe asymptotischer Darstellungen berechnet werden; eine Tafel, die den Bereich $x = 25$ bis $x = 6000$ überstreicht, gibt Zahlenwerte für die in den asymptotischen Darstellungen auftretenden Polynome.

Bis hierhin beziehen sich die angegebenen Zahlenwerte der Besselschen Funktionen auf reelles Argument x; es folgen nunmehr Werte für Funktionen nullter und erster Ordnung mit rein imaginärem Argument, die wieder in ähnlicher Weise wie die oben genannten Tafeln angeordnet sind.

Den Schluß bilden eine kleine Tafel für die Exponentialfunktion und Tafeln mit Koeffizienten zur Erleichterung der Interpolation.

Binnen kurzer Zeit soll ein nächster Band mit Zahlenwerten für Besselsche Funktionen höherer, ganzzahliger Ordnung folgen. Ein übernächster Band, Besselschen Funktionen nichtganzzahliger Ordnung gewidmet, ist ebenfalls in Vorbereitung. Es ist offenbar die größte Sorgfalt darauf verwendet worden, irgendwelche Fehler zu vermeiden. Es kann daher das Werk jedem, der numerische Berechnungen mit Besselschen Funktionen durchzuführen hat, bestens empfohlen werden. P. Debye.

Der Chemie-Ingenieur. Herausgegeben von A. Eucken und M. Jakob. Bd. III. Chemische Operationen. I. Teil: Physikalisch-chemische und wirtschaftliche Gesichtspunkte für die Durchführung chemischer Operationen. Herausg. von A. Eucken. Bearbeitet von A. Eucken, H. Dohse, K. Fischbeck, G. Damköhler und L. Meyer. XVI u. 564 S. Mit 188 Abb. Leipzig 1937. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. Brosch. RM 52.—, geb. RM. 54.—.

In diesem Bande des maßgebenden Sammelwerkes waren mehrere neuartige Aufgaben zu erfüllen, da namhafte Teile des vielseitigen Inhaltes bisher noch nicht von dem hier notwendigen Standpunkte aus dargestellt waren. Die vermittelten grundsätzlichen Tatsachen, Gesetze und Anschauungen sollen ja so unmittelbar wie möglich an den Aufgabenkreis des gestaltenden und organisierenden Werksleiters und -ingenieurs der chemischen Technik und ihrer Mitarbeiter und Berater herangebracht werden. Eine Fülle physikalischer Gesichtspunkte läßt erkennen, welch fruchtbares Arbeitsgebiet sich auch dem Physiker in der sich heute vollziehenden gewaltigen Entfaltung der Verfahrenstechnik darbietet. Eucken gibt zunächst im Kapitel I eine kurze Zusammenfassung (173 Seiten) über die maximale Ausbeute chemischer Reaktionen und ihre Ermittlung auf Grund des chemischen Gleichgewichts; theoretische Grundlagen, experimentelle Bestimmung, rechnerische Ermittlung und die eingehende Behandlung wichtiger Beispiele sind zu einem eindrucksvollen plastischen Bilde verarbeitet, das als Kompendium der Gleichgewichtslehre weiten Kreisen willkommen sein wird. — Am Kapitel II: Technische Reaktionsgeschwindigkeit (RG.) sind drei Verfasser beteiligt. Als Einteilungsgrund dient zunächst die Unterscheidung solcher Systeme, in denen keine Strömungen berücksichtigt werden müssen, und solcher, in denen Stoff- und Wärmeaustausch für den Ablauf wesentlich mitverantwortlich ist. Die RG. in homogenen Systemen behandelt H. Dohse (63 Seiten), in heterogenen Systemen K. Fischbeck (117 Seiten). Besonders der letztgenannte Artikel enthält eine Menge von Material und Betrachtungen, die für die Praxis des Betriebstechnikers oder des überwachenden Physikers unmittelbar wichtig sind (Kohlenverbrennung, Oberflächenreaktionen der Metalle u. ä.). — Stellen diese Beiträge eine Auswahl des Wesentlichsten aus überreichem bekanntem Material dar, so behandelt der Artikel von G. Damköhler (126 Seiten) Dinge, die sonst noch an keiner Stelle zusammenfassend bearbeitet wurden. Dies macht sich selbstverständlich auch in der äußeren Form bemerkbar; es werden die Formeln für die wichtigsten Fälle der Strömungsverfahren ausführlich abgeleitet und diskutiert. Gerade dieser Abschnitt dürfte dem Physiker durch die Verbindung strömungstheoretischer, wärmetechnischer und reaktionskinetischer Gesichtspunkte zahlreiche wertvolle Anregungen vermitteln. — Als Schluß werden von L. Meyer in Kapitel III „Die Kosten chemischer Operationen" (49 Seiten) behandelt, das der Referent mit Interesse gelesen und als lehrreich empfunden hat, wenn er auch keinen Anspruch auf ein sachverständiges Urteil erheben kann. — Im ganzen ist mit diesem inhaltreichen Bande dem Chemie-Ingenieur und allen in der chemischen Technik apparativ arbeitenden Wissenschaftlern eine neue Quelle zuverlässiger Unterrichtung geschenkt, deren volle Ausschöpfung allerdings eine wohlabgewogene Vorbildung des Benützers, besonders auch eine tragfähige chemische Grundlage, voraussetzt. Den bereits vorbereiteten letzten drei Teilbänden des Werkes darf man mit hochgespannten Erwartungen entgegensehen. L. Ebert.

H. Davy, Über die Sicherheitslampe zur Verhütung von Explosionen in Gruben, gasbeleuchteten Häusern, Spritlagern oder Schiffsräumen u. dgl. 1815—1817. Aus dem Englischen übersetzt und herausgegeben von K. Clusius. (= Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 242.) Gr.-8°. VI und 62 S. Mit 2 Ausschlagtafeln. Leipzig 1937. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. RM. 3.60.

Weit über die Fachwissenschaft hinaus ist der Name von Humphrey Davy bekanntgeworden durch seine Erfindung der nach ihm benannten Sicherheitslampe, die neben ihrem technischen Erfolg eine soziale Tat ersten Ranges bedeutete. Die von außen an Davy herangebrachte technische Frage wurde in seiner Hand einer schnellen durchgreifenden Lösung zugeführt. Darüber hinaus war sie ihm Anlaß zu grundlegenden Untersuchungen und Erfolgen hinsichtlich der Natur der Flamme, die bis zur Entdeckung der katalytischen Verbrennung führten. Der flüssig zu lesenden Übersetzung sind durch den Übersetzer und Herausgeber kurze geschichtliche und sachliche Anmerkungen beigefügt, die den Anschluß an den derzeitigen Stand der Wissenschaft vermitteln.

L. Schiller.

Albert König (Zeißwerk), **Die Fernrohre und Entfernungsmesser.** 2. Aufl. V und 242 S. Mit 360 Abb. und 13 Bildnissen. Berlin 1937. Julius Springer. Geh. RM 22.50, geb. RM 24.—.

Die vorliegende zweite Auflage ist eine sehr eingehende Um- und Neubearbeitung der ersten Auflage. Sie bringt nicht nur die Einarbeitung der zahlreichen Neuerungen der Zwischenzeit, sondern auch eine straffere Gliederung und Einteilung als früher, so daß sich die Raumvermehrung auf nur 40 Seiten beschränkt. Bei der Vermehrung um rund 120 Bilder ist noch zu beachten, daß außerdem etwa 180 Bilder der alten Auflage durch neue ersetzt worden sind.

Es werden behandelt auf 139 Seiten die Fernrohre und Richtfernrohre, natürlich mit den geometrischen und physiologischen Grundlagen, sodann in einem besonderen Abschnitt die Mikrometer und endlich auf 63 Seiten die Entfernungsmesser, wobei als Neuerung gegenüber der ersten Auflage die Höhenmesser besonders besprochen werden. Den Beschluß bildet ein Abschnitt über die Geschichte der Fernrohre, leider nur über die ältere.

So kann man jetzt feststellen, daß ein konzentrierteres Buch, das bei einer Reichhaltigkeit, die eigentlich nichts vermissen läßt, gleichzeitig so verständlich geschrieben ist, kaum gedacht werden kann. Nur berufsmäßige Optotechniker werden manchmal zu anderen Quellen greifen müssen, zumal alle Literaturnachweise fehlen.

Es sei noch angemerkt, daß bei der Kurvendarstellung Abb. 55 eine Bezeichnung der Achsen erwünscht wäre. Auch bei einigen anderen Bildern, z. B. Abb. 34, wäre die Bezeichnung wenigstens der Abszissenachse von Nutzen. Abb. 99 scheint etwas überladen. Jentzsch.

Moritz von Rohr, Ernst Abbes Apochromate. 8°. 24 und 24 und 10 S. Carl Zeiß, Jena.

Durch einen Vortrag Abbes vom 9. Juli 1886 vor der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft unter der Bezeichnung „Über Verbesserungen des Mikroskops mit Hilfe neuer Arten optischen Glases" wurden die sog. Apochromate zuerst bekannt gegeben. Zur 50. Wiederkehr dieses Tages bringt Verfasser zunächst eine eigene Auseinandersetzung über die Begriffe „Achromat" und „Apochromat", sodann einen Wiederabdruck des Abbeschen Vortrages und endlich einen solchen des Zeiß-Kataloges von 1886 mit der wieder abgedruckten Titelbezeichnung: „Neue Mikroskop-Objektive und Okulare aus Spezialgläsern des Glastechnischen Laboratoriums [Schott u. Gen.] hergestellt von Carl Zeiß".

Man erinnert sich, daß im Sprachgebrauch der technischen Optik bei der gewöhnlichen (uneigentlichen) Achromasie nur je zwei Farben, z. B. C und F, vereinigt werden und daß ein „sekundäres" Spektrum von endlicher Längenausdehnung unbehoben bleibt. Dieser übrigbleibende Fehler zeigt sich vor allem in den „Farbenunterschieden der Öffnungsabweichung" (früher sagte man: chromatische Differenz der sphärischen Aberration) und wird bei größeren Aperturen überaus lästig. Er wurde durch Abbe beseitigt (d. h. verringert), nach seinem Vortrag durch Verwendung neuer Gläser, nach dem vorangeschickten Artikel von v. Rohr aber durch „neue Werkstoffe, d. h. Flußspat und neue Glasarten" in Wirklichkeit wohl nur durch Flußspat.

Man kann aus einigen weiteren Bemerkungen als glaubhaft annehmen, daß tatsächlich richtig ist, was dem Referenten vor fast 30 Jahren bei der Firma Leitz in Wetzlar, der damals und wohl auch noch heute größten Mikroskopfirma der Welt, von dem dortigen Rechenmeister, der diese ganze Entwicklung noch persönlich erlebt hatte, erzählt wurde. Danach soll in Wirklichkeit bei den neuen Objektiven die ganze Wirkung nur auf dem verwendeten Flußspat und keineswegs auf neuen Gläsern beruht haben. Es hat lange — wohl Jahre — gedauert, bis man in Wetzlar das Zeißsche Geheimnis erkannt hat.

In Wirklichkeit handelt es sich aber nur um eine geringe Bevorzugung der Jenaer Firma. Wenn man nach außen hin (vgl. den wieder abgedruckten Vortrag) besonderes Gewicht auf die neuen Glasarten legte und die Verwendung von Flußspat, wie v. Rohr sagt, „nicht betonte" (bzw. verschwieg), so kann man das in diesem Falle wohl verstehen, da ja ein Vorteil der neuen Gläser durchaus vorhanden ist, nur nicht, und besonders damals nicht, bei Mikroskopen. Außerdem konnte sich Zeiß in der gewonnenen Zeitspanne die wichtigeren Flußspatvorkommen sichern, mindestens erforschen — was man auch nur in Ordnung finden kann.

Da in manchen, auch neueren, Lehrbüchern die Erklärung des Begriffs Apochromasie zu wünschen läßt, soll noch betont werden, daß nicht richtig ist, was man aber oft hört, ein Achromat vereinige zwei Farben, ein Apochromat aber deren drei. Vielmehr wird nach v. Rohr mit apochromatisch gegenüber achromatisch nur die „Hebung der Farbfehler in wesentlich höhere Vollkommenheit" bezeichnet. Achromatisch kann man nach ihm mit „farbenfrei", apochromatisch aber mit „farbspurenfrei" übertragen.

Der Physiker wird allerdings finden, daß derlei Definitionen zwar gut technisch seien, aber nicht gerade exakt. Jentzsch.

NACHRICHTEN

Habilitiert: An der Universität Leipzig Dr. habil. Leopold Wolf für Chemie, an der Technischen Hochschule Breslau Dr. Ing. Helmut Heinrich für Mathematik.

In den Ruhestand: Der Hauptobservator bei der Universitätssternwarte in Neubabelsberg Prof. Dr. Leo Courvoisier.

Neuer Lehrauftrag: An der Technischen Hochschule Stuttgart der Fachschuldirektor Professor Dipl. Ing. Paul Gittinger für Entwurf und Ausführung feinmechanischer Geräte der Elektrotechnik.

Gestorben: Der frühere ord. Professor der Mathematik an der Universität Göttingen Dr. Edmund Landau, der frühere ord. Professor der Experimentalphysik an der Universität Jena Geheimer Hofrat Dr. Max Wien, der frühere ord. Professor der Physik an der Universität und Technischen Hochschule Wien Dr. Gustav Jäger.

Verantwortlicher Schriftleiter: Professor Dr. Dr. h. c. P. Debye, Berlin. — Für den Anzeigenteil verantwortlich: A. Plohmann, Leipzig. — Verlag S. Hirzel, Leipzig C 1, Königstr. 2. — Druck: Bibliographisches Institut AG., Leipzig. — D. A. 1330, IV. Vj. 1937. — Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste 3. — Printed in Germany

Bericht über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1937

Allgemeines

Am 20. November 1937 beging die Physikalisch-Technische Reichsanstalt die Feier ihres 50-jährigen Bestehens. Die Feier fand statt in der Neuen Aula der Universität Berlin in Anwesenheit des Herrn Reichs- und Preußischen Ministers für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung Rust, von Vertretern der Reichsbehörden und der Wehrmacht, von Angehörigen der Wirtschaft sowie von zahlreichen Physikern des In- und Auslandes.

Nach einer kurzen Begrüßungsansprache des Präsidenten ergriff der Herr Reichsminister Rust das Wort und überbrachte zunächst die Grüße des Führers und Reichskanzlers sowie der gesamten Reichsregierung. In den folgenden längeren Ausführungen legte er die Verbundenheit der Forschung mit den Ministerien im nationalsozialistischen Deutschland dar und betonte insbesondere das Interesse der nationalsozialistischen Führung an den Forschungsanstalten, zu denen die Reichsanstalt gehört und deren Förderung der Reichsregierung am Herzen liege.

In einem Vortrag „Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in der Entwicklung der Physik während der letzten 50 Jahre" gab dann der Präsident einen Überblick über die physikalische Forschung der letzten 50 Jahre unter Hinweis auf die Mitwirkung der Reichsanstalt an ihr.

Es sprachen auch zahlreiche Gäste, insbesondere der Präsident des Reichsforschungsrates General der Artillerie Prof. Dr. Becker, Präsident Lord Rayleigh vom National Physical Laboratory in Teddington, zugleich im Namen aller ausländischen Gäste, ferner der Präsident der Reichswirtschaftskammer Pietzsch, der Präsident der Chemisch-Technischen Reichsanstalt Dr. Rimarski, zugleich im Namen mehrerer anderer der Reichsanstalt verwandten Institute, Staatsrat Prof. Dr. Esau für die Universitäts-Institute und Dr. Hermann von Siemens, der die Grüße und Glückwünsche der Familie Siemens überbrachte, deren Name mit der Gründung der Reichsanstalt durch Werner von Siemens eng verknüpft ist.

Im Berichtsjahre sind folgende Beamte in den Ruhestand getreten: Oberregierungsrat als Mitglied Dr. Rudolf Schmidt und Werksekretär Nerrlich am 1. Oktober, Amtsobergehilfe Härchen am 1. August und Amtsgehilfe Klintworth am 1. Oktober 1937.

Die Reichsanstalt war beteiligt an folgenden internationalen Versammlungen:

1. Am Internationalen Kongreß für die Materialprüfung vom 19. bis 24. April in London (Regierungsrat Dr. Pfestorf).
2. Am 2. Welt-Erdöl-Kongreß in Paris vom 14. bis 19. Juni (Dr. Lehmann).
3. An den Sitzungen des technischen Unterkomitees und des beratenden Komitees für Elektrizität vom 1. bis 12. Juni in Sèvres als deutsches Mitglied dieser Komitees (Oberregierungsrat Prof. Dr. v. Steinwehr).
4. An den Sitzungen des internationalen Komitees für Gewichte und Maße und an der I. internationalen Konferenz für praktische Metrologie (Eichwesen) vom 23. Juni bis 7. Juli in Paris (Direktor Dr. Kösters).
5. An der I. Internationalen Akustischen Konferenz in Paris vom 30. Juni bis 3. Juli sowie an einer Besprechung vom 2. bis 4. Februar 1937 in Paris (Regierungsrat Dr. Grützmacher, als Führer der Deutschen Abordnung).
6. An der internationalen Tagung für Chronometrie und Metrologie vom 6. bis 12. Juli in Paris (Oberregierungsrat Dr. Scheibe). Dr. Scheibe berichtete über die Quarzuhren der Reichsanstalt.

7. Am V. Internationalen Kongreß für Radiologie vom 13. bis 17. September in Chicago (Oberregierungsrat Dr. Behnken). Dr. Behnken hielt einen Vortrag über Fragen des Röntgenstrahlenschutzes und beteiligte sich an den Sitzungen der internationalen Kommission für radiologische Einheiten sowie der internationalen Kommission für Strahlenschutz.
8. An einem Kongreß anläßlich des 100. Geburtstages von J. D. van der Waals vom 25. bis 27. November 1937 in Amsterdam (Regierungsrat Dr. Otto).

Verlegung von Laboratorien

Wegen Raummangels wurden die folgenden Laboratorien in das Gebäude Köpenicker Landstraße 296 verlegt:

Am 1. April von den Physikalisch-Chemischen Laboratorien das Laboratorium für anorganische Werkstoffe und das Laboratorium für organische Werkstoffe, ferner das Laboratorium für verkehrstechnische Lichtmessung und das Laboratorium für Rückstrahlerprüfung, am 1. September das Laboratorium für die Zulassung mechanisch betriebener Spielgeräte.

Errichtung des schweltechnischen Laboratoriums

Das schweltechnische Laboratorium wurde in den Jahren 1935/36 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft in einem von der Maschinenfabrik A. H. Schütte, Köln, erworbenen Grundstück in Berlin-Baumschulenweg, Köpenicker Landstraße 296, eingerichtet mit der Aufgabe, Torfproben zu analysieren und auf ihre Verschwelbarkeit zu untersuchen. Daneben sollten Untersuchungen für die Industrie durchgeführt werden. Später sollen sich die Untersuchungen auch auf Braunkohle erstrecken.

Im Zuge der Übernahme des Grundstückes durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt wurde das schweltechnische Laboratorium mit der gesamten Einrichtung an Apparaten, Geräten, Maschinen usw. der Reichsanstalt am 1. Oktober angegliedert.

Präsidialabteilung

1. **Eine neue Dissymmetrie im Effekt des elektrischen Feldes auf die rote Wasserstofflinie.** (J. Stark, R. Ritschl.) Die Versuche wurden abgeschlossen und sind veröffentlicht. (Verzeichnis der Veröffentlichungen Nr. 32.)

2. Die **Hyperfeinstruktur der Aluminiumfunkenlinie 2669,2 Å** (R. Ritschl) wurde mit einem Fabry-Pérot-Interferometer neu aufgenommen und ausgemessen. Es zeigte sich, daß die Linie aus 3 Komponenten besteht, deren Abstände sich wie 7:5 verhalten; die Gesamtaufspaltung beträgt 0,28 Wellenzahlen. Die Versuche sind abgeschlossen (Verzeichnis der Veröffentlichungen Nr. 23).

3. **Verspiegelung durch Verdampfen im Hochvakuum.** (R. Ritschl, H. Lesche.) Es wurden wieder zahlreiche Verspiegelungen mit Silber, Aluminium und auch anderen Metallen durch Verdampfen im Hochvakuum für die verschiedensten Laboratorien ausgeführt.

4. **Einfluß der Elektronenzahl auf die Polarisation der Lichtemission von Kanalstrahlen.** (J. Stark, H. Verleger.) Die Versuche wurden abgeschlossen und sind veröffentlicht. (Verzeichnis der Veröffentlichungen Nr. 35.)

5. **Intensitätsverhältnis bewegter und ruhender Serienlinien des Wasserstoffs und des Heliums.** (J. Stark, H. Verleger.) Die Versuche wurden abgeschlossen und sind veröffentlicht. (Verzeichnis der Veröffentlichungen Nr. 36.)

6. **Das Seriengesetz der Polarisation der Lichtemission von Kanalstrahlen.** (J. Stark, H. Verleger.) Die Versuche wurden abgeschlossen und sind veröffentlicht. (Verzeichnis der Veröffentlichungen Nr. 37.)

7. **Neue Beobachtungen über die Intensitätsdissymmetrie in der Lichtemission von Kanalstrahlen.** (J. Stark, H. Verleger.) Die Versuche wurden abgeschlossen und sind veröffentlicht. (Verzeichnis der Veröffentlichungen Nr. 38.)

8. **Die Rotationsschwingungsbande des Methylfluorids bei 11250 Å.** (S. M. Naudé, H. Verleger.) Die Versuche wurden abgeschlossen und sind veröffentlicht. (Verzeichnis der Veröffentlichungen Nr. 22.)

9. **Weitere Untersuchungen über die Polarisation der Lichtemission von Kanalstrahlen.** (H. Angenetter, H. Verleger.) Die Arbeit wurde abgeschlossen. Ergebnisse über *Ne-*, *A-*, *Hg-*, *Na-* und *Li*-Kanalstrahlen werden in Kürze veröffentlicht.

10. Als **Gast** arbeitete im Präsidenten-Laboratorium Herr Prof. Dr. S. M. Naudé von der Universität Stellenbosch, Südafrika, über das Bandenspektrum des Antimons und über das Rotationsschwingungsspektrum des Methylfluorids.

11. **Messungen an Atomstrahlen im elektrischen Feld.** (J. Stark, H. Scheffers.) Die Messungen über die Ablenkung von Sauerstoffatomstrahlen im inhomogenen elektrischen Feld führten zunächst zu der Feststellung, daß eine erhitzte Bleioxydschicht ein sehr empfindlicher Indikator für atomaren Sauerstoff ist. Dieser selbst konnte in verhältnismäßig großer Konzentration durch elektrodenlose Ringentladung unter Verwendung eines sehr leistungsfähigen Resonanztransformators erhalten werden. Im elektrischen Feld zeigte sich eine einseitige Ablenkung der Atome in Richtung des Feldgradienten, die von derselben Größenordnung wie bei Wasserstoffatomen ist.

12. **Kernumwandlung mit künstlich beschleunigten Ionen.** (C.-F. Weiß, H. Westmeyer.) An der 70-kV-Anlage, die einen Niederspannungsbogen als Ionenquelle enthält, wurden Versuche mit Deuteronen begonnen, um die Anlage unter Verwendung der Reaktion $D + D$ zur Erzeugung von Neutronen zu benutzen. *LiD* bewährte sich als beschossene Schicht nicht, da es bei großer Intensität des Ionenstrahls schmolz und soviel Dämpfe und Gase abgab, daß sich mit den vorhandenen Pumpen das erforderliche Vakuum nicht erreichen ließ. Auch mit einer intensiv gekühlten D_3PO_4-Schicht ließ sich ein gleichmäßiger Betrieb bisher nur erreichen, wenn die Schicht in einen gesondert gepumpten, von dem Beschleunigungsraum durch einen langen Kanal getrennten Raum gebracht wurde; diese Anordnung verminderte jedoch die Intensität des Deuteronenstrahls und damit die der erzeugten Neutronen erheblich. Weitere Verbesserungen sollen zu einer vollen Ausnutzung der Anlage führen.

13. **Versuche zum Kernphotoeffekt.** (H. Fränz, H. Westmeyer.) Nachdem es Bothe und Gentner gelungen war, bei vielen Elementen künstliche Radioaktivität durch Abspalten von Neutronen mit Hilfe der γ-Strahlung von 17 MeV zu erzeugen, die bei der Beschießung von Lithium mit schnellen Protonen entsteht, schien es von Interesse, mit den γ-Strahlen möglichst starker Radium- und Radiothorpräparate nach diesem Effekt zu suchen. Versuche mit etwa 200 mg *Ra* und mit einem *RaTh*-Präparat von rund 100 mg *Ra*-Äquivalent, das die Degea-A.-G., Berlin, für kurze Zeit freundlicherweise zur Verfügung stellte, verliefen bei den untersuchten Elementen *Si*, *K*, *Fe*, *Cu*, *Zn*, *Se*, *Br*, *Zr*, *Ag*, *Ta* und *Pb* negativ. Die Versuche bestätigen den auch aus anderen Gründen gezogenen Schluß, daß die Bindungsenergien der Neutronen in den Atomkernen, abgesehen von den leichtesten, größer sind als die Energie der verwendeten γ-Strahlen von 2,6 MeV.

14. **Umwandlung des Bors durch langsame Neutronen.** (H. Fränz, H. Westmeyer.) Über die Umwandlung des Bors durch langsame Neutronen, die häufig als empfindlicher Nachweis für langsame Neutronen verwendet wird, finden sich in der Literatur einige Unstimmigkeiten. Da bei der kleinen Energie der Produkte der Reaktion $B^{10} + n^1 = He^4 + Li^7$ die sonst übliche Bestimmung dieser Energien aus der Reichweite der Teilchen nicht sehr genau ist, wurde die Energie aus der Gesamtionisation der Teilchen ermittelt. Die Neutronen einer Radon-Berylliumquelle von etwa 20 Millicurie fielen auf ein Proportionalzählrohr, dessen Wände mit Bor ausgekleidet waren; Präparat und Zählrohr befanden sich, um die Neutronen zu verlangsamen, in Aussparungen eines Paraffinblocks. Die Größe der Stromstöße, welche die α- und Lithiumstrahlen in dem Zählrohr hervorriefen, wurden nach Verstärkung in dem hier entwickelten proportional arbeitenden Verstärker durch Variieren der Gittervorspannung eines Thyratronrelais ausgemessen. Geeicht wurde die Apparatur durch Einschießen eines gut ausgeblendeten homogenen α-Strahlenbündels, dessen Energieverlust beim Durchqueren des Zählers gut bekannt ist. Die bisherigen Messungen ergaben als Summe der Energien von *He-* und *Li*-Kern 2,2 MeV, während die Reichweitemessungen anderer Autoren Werte um 2,5 MeV ergaben. Der hier gefundene Wert weicht damit noch weiter von dem aus den Atommassen erwarteten von 3,0 MeV ab. Eine Andeutung der von Haxel angegebenen zwei α-Teilchengruppen wurde nicht gefunden.

15. **Beschaffung radioaktiver Präparate.** (H. Fränz, C.-F. Weiß, H. Westmeyer.) Ein größeres Radiumpräparat, welches die Forschungsgemeinschaft dem Laboratorium zur Verfügung gestellt hat, wurde von der Degea-A.-G. in ein hochemanierendes Eisenhydroxydpräparat umgearbeitet. Vorläufige Messungen ergaben eine Emanationsausbeute von mehr als 90 v. H. Eine neue Anlage für die Abtrennung und Reinigung der Emanation ist im Bau. Von dem Radiumpräparat wurde bei der Umarbeitung das *RaD* abgetrennt und in der Reichsanstalt durch mehrfache Elektrolysen

gereinigt, so daß künftig auch größere Poloniumpräparate für die Arbeiten über Atomumwandlung zur Verfügung stehen.

16. Radiumstandard und Prüfmethoden. (H. Fränz, C.-F. Weiß.) Die Messungen an dem neuen Radiumstandard und die Versuche zur Verbesserung der Prüfmethoden für γ-Strahlenmessungen konnten im Berichtsjahr wegen Mangels an Arbeitskräften nicht fortgeführt werden.

17. Untersuchungen an Glas. (W. Tepohl.) Die Arbeiten für die Prüfungsmethode zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von Glas gegen schroffen Temperaturwechsel wurden in Zusammenarbeit mit dem Thüringischen Staatsprüfamt Ilmenau und der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft in der bisherigen Weise fortgesetzt. Die Versuche werden einheitlich vorgenommen an rundgeschmolzenen Glasstäben (6×30 mm), die durch Kühlung entspannt sind, da sich ergab, daß Spannung eine undefinierbare Erhöhung der Abschreckfestigkeit bewirkt.

18. Untersuchungen an Metallen. (B. Scharnow.) Es wurde ein Verfahren zur gravimetrischen Trennung von Wolfram und Vanadin ausgearbeitet.

19. Untersuchungen an Torf- und Mineralproben. (W. Tepohl, H. Beuthe, F. Gollwitzer, B. Scharnow, E. Wiegel.) In Torfaschen und Mineralien wurde der Gehalt an Schwermetallen bestimmt. Durch dokimastische Schmelzmethode wurden die Proben speziell auf Gehalt an Edelmetallen geprüft. Durch chemische Anreicherung und röntgenspektrographische Aufnahmen wurden die Schwermetalle qualitativ und angenähert quantitativ bestimmt.

20. Organisch-chemische Arbeiten. (E. Wiegel, K. Peris.) Die organisch-kolloidchemischen Untersuchungen an Stärke wurden nach verschiedenen Richtungen fortgesetzt. Einerseits wurde die Anwendbarkeit der gefundenen neuen Methode zur Herstellung kristalliner Amylo-Amylosen an verschiedenen nativen Stärkearten geprüft. Andererseits wurde durch röntgenographische Strukturaufnahmen das Verhalten der kristallinen Amylo-Amylosen bzw. die Veränderungen der Gitterstruktur unter verschiedenen physikalischen und chemischen Bedingungen, gleichzeitig im Vergleich zur nativen Ausgangsstärke, studiert und interessante Beziehungen festgestellt. – Auf dem Gebiet der Kunststoffe wurden bereits bekannte chemische Untersuchungsmethoden auf ihre Brauchbarkeit geprüft.

21. Entwicklung einer neuen spektralanalytischen Methode. (J. Stark, H. Beuthe, W. Kallenbach.) Es wurden verschiedene Versuche durchgeführt, eine brauchbare spektralanalytische Methode bei Anregung durch Kanalstrahlen zu entwickeln. Es besteht die Möglichkeit, daß die Spektren bei Anregung durch Kanalstrahlen übersichtlicher und vollständiger erscheinen als bei der üblichen Bogen- oder Funkenanregung. Die Methode soll für analytische Zwecke ausgebildet werden.

22. Analytische Röntgenspektrographie. (H. Beuthe, K. Hohberg.) Zur Erledigung von Prüfungsanträgen des Chemischen Laboratoriums sowie für Forschungsarbeiten wurden zahlreiche Röntgenspektrogramme aufgenommen und qualitativ und quantitativ ausgewertet.

23. Latentes Bild. (W. Meidinger.) Die Untersuchungen über die Masse und topographische Verteilung des photolytisch gebildeten Silbers in photographischen Emulsionen verschiedener Korngröße wurden in drei Arbeiten veröffentlicht. (Verz. d. Veröff. Nr. 21.) — Weitere Versuche in dieser Richtung wurden bei variierter Lichtintensität einerseits und variierter Temperatur bei den Belichtungen andererseits ausgeführt. Die Versuche bei veränderter Lichtintensität ergaben, daß bei manchen Emulsionen (offenbar ungereiften und unempfindlichen Emulsionen) eine Abhängigkeit des Gesamtsilbers bzw. Innensilbers von der Intensität (bei gleichen I. t.) einwandfrei nachzuweisen ist, und zwar ergeben höhere Intensitäten größere Silbermengen. Für das Oberflächensilber jedoch konnte bisher eine Abhängigkeit von der Intensität nicht festgestellt werden. Bei der Agfa-Kine-Positivemulsion (gereifte Emulsion) war auch keine Abhängigkeit des Innensilbers zu ermitteln. – Die Variation der Temperatur bei der Belichtung ($+20$ bis $-140°$ C; Petrolätherkältebad, gekühlt mit flüssiger Luft) ergab einen unerwartet steilen Abfall für das photolytisch gebildete Silber schon in dem Intervall von $+20°$ bis $-50°$ C (Agfa-Laue-Film und Kine-Positivemulsion). Für die Ermittlung des photolytisch gebildeten Silbers bezüglich der Verteilung auf Oberflächen- und Innensilber bei den verschiedenen Temperaturen sind noch weitere Versuche notwendig.

24. Sensitometrie. (W. Meidinger.) Mit dem Ausschuß für Sensitometrie der Deutschen Gesellschaft für photographische Forschung wurde weiter zusammengearbeitet zur Schaffung normungsmäßiger Prüfmethoden photographischer Präparate (Gelbempfindlichkeit, Empfindlichkeit der Papiere, Körnigkeit, DIN-Empfindlichkeit bei Feinkornentwicklung). Mit Beginn des Geschäftsjahres 1937/38 hat das Photochemische Laboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt eine laufende Kontrolle der Empfindlichkeitsangaben des photographischen Negativmaterials nach DIN 4512 übernommen.

25. **Schweltechnisches Laboratorium.** (K. Krapf, A. Schwinghammer.) Torfproben aus verschiedensten Vorkommen wurden analysiert mit der Aufgabe, ein neues Schwelverfahren zur wirtschaftlichen Verwertung des Torfes zu entwickeln. Daneben sind Untersuchungen für die Industrie durchgeführt worden.

26. **Gasverflüssigung.** (K. Steiner, P. Graßmann, H. Schoeneck, F. Giloi.) Es wurden 14400 Liter flüssiger Stickstoff (7000 Liter für das Kältelaboratorium, der Rest für andere Laboratorien der Reichsanstalt), 1300 Liter flüssiger Wasserstoff und etwa 100 Liter flüssiges Helium hergestellt. Von dem flüssigen Wasserstoff wurden 145 Liter an andere Laboratorien der Reichsanstalt, 270 Liter an auswärtige Institute abgegeben. Außerdem sind 3,5 Liter flüssiges Helium hergestellt worden für Messungen in der Reichsanstalt außerhalb des Kältelaboratoriums.

27. **Abgabe und Reinigung von Helium.** (K. Steiner, F. Giloi.) Aus dem Heliumvorrat des Kältelaboratoriums wurden an andere Laboratorien der Reichsanstalt 110 Liter sehr reines Helium abgegeben. Ferner wurden für ein Laboratorium 800 Liter Helium gereinigt. Der gesamte Heliumvorrat des Kältelaboratoriums beträgt zur Zeit etwa 25600 Liter.

28. **Versuche über das Wesen der Supraleitung.** (J. Stark, K. Steiner.) Die Untersuchungen zur Aufklärung der magnetischen Induktion in Supraleitern unter alleiniger Wirkung eines Magnetfeldes wurden veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 24.)

29. **Das magnetische Verhalten von stromdurchflossenen Supraleitern.** (J. Stark, K. Steiner.) Die magnetische Induktionsänderung im Übergangsgebiet bei Stromdurchgang durch den Supraleiter wurde eingehend untersucht, wobei neben der bereits bekannten, vom Magnetfeld herrührenden Induktion eine weitere Induktionsänderung gefunden wurde, die durch Stärke und Richtung des elektrischen Stromes, aber nicht durch das resultierende Magnetfeld bestimmt wird. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 33.)

30. **Weitere Beobachtungen zum Zusammenhang zwischen magnetischer Induktion und Supraleitung.** (J. Stark, K. Steiner, H. Schoeneck.) Es wurde der zeitliche Ablauf des Eintritts der Induktionsänderung an zwei Proben gleichzeitig beobachtet, von denen die eine sich nur unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes befand, während die andere von einem elektrischen Strom durchflossen wurde. Die Proben waren teils massiv, teils durchbohrt.

Ferner wurden einige Messungen über die magnetische Induktion von normalleitenden Metallen in schwachen Magnetfeldern bei Heliumtemperatur durchgeführt. (Verz. d. Veröff. Nr. 34.)

31. **Neue Erscheinungen bei der Induktion von Strömen in Supraleitern.** (P. Graßmann, H. Eicke.) Mit einer schon früher beschriebenen Methode zur Untersuchung der Mikrowiderstände von Supraleitern wurden neue Erscheinungen bei der Induktion von Dauerströmen in supraleitendem Zinn, Blei, Tantal und einer Zinn-Quecksilberlegierung entdeckt, die sich als Ausrichtungs- und Umklapp-Prozesse im Supraleiter deuten lassen. (Vgl. Verz. d. Veröffentl. Nr. 17.) Die Versuche wurden auf Indium ausgedehnt.

32. **Gastarbeiten.** Als Gast arbeiteten im Kältelaboratorium Fräulein Dr. Cremer vom Institut für physikalische Chemie der Universität München über die Umwandlung von Ortho- und Parawasserstoff, Herr Dr. Renninger von der I. G. Farbenindustrie AG., Ludwigshafen-Oppau, über Wasserstoff- und Heliumverflüssigung, Herr Prof. Dr. Jahnel von der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie, München, über das Verhalten der Spirochäten bei Heliumtemperatur.

33. **Klimameßraum.** (R. Lehmann.) Die Erfahrungen, die bei den Versuchen mit der selbsttätigen Regelung der Raumtemperatur für die Leitspindelprüfung gesammelt worden sind, wurden ausgewertet. Auf Grund der guten Ergebnisse wurde ein großer Meßraum des Laboratoriums mit einer Klimaregelung für kalte und warme Jahreszeit ausgerüstet. Durch die Aufstellung von zwei getrennt arbeitenden Anlagen für Heizung und Kühlung gelang es, die Bezugstemperatur für technische Messungen (+ 20°) während des ganzen Jahres mit einer gewünschten Genauigkeit einzuhalten, die bei der empfindlichsten Einstellung der Anlagen 0,1° beträgt.

34. **Prüfung von Leitspindeln.** (R. Lehmann, K. Meyer.) Da die Prüfung des Steigungsverlaufes innerhalb eines Gewindeganges, d. h. einer Umdrehung der Leitspindel, immer größere Bedeutung gewinnt, wurde der Aufbau einer Meßeinrichtung begonnen, welche derartige Untersuchungen mit der erforderlichen Genauigkeit durchzuführen ermöglicht. Die ersten Prüfungen können voraussichtlich im April 1938 vorgenommen werden.

35. **Prüfungen als Grundlage für die Abnahme von Werkzeugmaschinen.** (R. Lehmann, K. Meyer.) Durch die Gütesteigerung im deutschen Werkzeugmaschinenbau sind auch schärfere Abnahmebedingungen entstanden. So genügt z. B. für die Abnahme einer Drehbank oder Gewindeschleifmaschine nicht mehr die Prüfung der Leitspindel allein, sondern es wird häufig vorgeschrieben, daß vom Hersteller Gewindestücke geschnitten bzw. geschliffen werden, bei denen die Sollwert-

abweichungen der Bestimmungsgrößen innerhalb der zulässigen Toleranzen liegen müssen und die in der Reichsanstalt mit der höchstmöglichen Genauigkeit ausgemessen werden sollen. In diesem Zusammenhange wurden auf Antrag auch mehrfach Messungen im Herstellerwerk ausgeführt.

36. Untersuchungen an Sphärometerringen. (R. Lehmann, K. Meyer.) Da die Anforderungen an die Herstellungsgenauigkeit von Sphärometerringen bedeutend gestiegen sind, war es notwendig, auch die Prüfungseinrichtungen für diese Ringe zu verbessern. Dabei stellte sich jedoch heraus, daß die Meßgenauigkeit durch die konstruktive Ausführung der Ringe begrenzt ist. Aus diesem Grunde wurde unter weitestgehender Berücksichtigung meßtechnischer Grundsätze ein neuartiger Sphärometerring entworfen, dessen Maße mit größter Genauigkeit ermittelt werden können und der dann eine genauere Bestimmung des Krümmungsradius von Linsen ermöglichen soll. Die Versuche und erforderlichen Berechnungen werden fortgesetzt.

37. Verbesserungen an Meßeinrichtungen. (R. Lehmann.) Durch den Bau einer Reihe von kleineren Zusatzeinrichtungen für die vorhandenen Meßgeräte konnte deren Verwendbarkeit vielseitiger gestaltet werden. Insbesondere war es dadurch auch möglich, Lehren und Werkstücke für Sonderzwecke zu prüfen.

38. Prüfung der Winkelteilung von Zahnrädern. (K. Bürger.) Es wurde ein Prüfgerät fertiggestellt, das die unmittelbare Messung der Kreisteilung einzelner Zahnräder und Teilscheiben im Winkelmaß mittels Theodolit und Kollimator ermöglicht. Mit diesem Gerät konnten Bestimmungen von Summenteilungsfehlern an Geradzahn-Stirnrädern und Schneidrädern sowie erstmalig Schlag- und Kreisteilungsmessungen an einem innenverzahnten Radkranz durchgeführt worden. Ein Bericht über den Aufbau des neuen Winkelteilungs-Prüfgerätes sowie die erreichbare Meßgenauigkeit ist veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 16.)

39. Prüfung der Flankenform von Zahnrädern. (K. Bürger.) Nach Beschaffung eines Zahnflankenprüfgerätes der Firma Zeiß besteht nunmehr die Möglichkeit, auch Zahnformprüfungen an Evolventenstirnrädern durchzuführen. Mit der Entwicklung einer Zusatzeinrichtung für die objektive photographische Aufzeichnung der Zahnformfehler einschließlich der Oberflächenrauhigkeiten der Zahnflanken wurde begonnen.

40. Vorarbeiten für die Zahnradtolerierung. (K. Bürger.)

a) Die Messungen von Rundlauf- und Teilungsfehlern an Zahnrädern verschiedener Herkunft wurden fortgesetzt, insbesondere ist eine Anzahl nach verschiedenen Verfahren erzeugter kleiner Kegelräder, wie sie vorwiegend in feinmechanischen und optischen Geräten Verwendung finden, untersucht worden.

b) Im Rahmen der zum Zwecke der Gütesteigerung in der deutschen Zahnraderzeugung und Schaffung von Zahnradtoleranzen begonnenen Gemeinschaftsarbeit (vgl. Tätigkeitsbericht 1936, Nr. 29*b*) erfolgte laufend ein gegenseitiger Erfahrungsaustausch in Fragen der Zahnradmeßtechnik zwischen dem Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen der Technischen Hochschule Berlin und dem Laboratorium für Zahnradprüfung der Reichsanstalt. Außerdem wurden mit mehreren deutschen Firmen Verhandlungen über die Weiter- bzw. Neuentwicklung von Zahnrad-Prüfverfahren und -Geräten geführt.

41. Der **Deutsche Akustische Ausschuß** (M. Grützmacher) war auf der I. Internationalen Akustischen Konferenz in Paris vom 30. Juni bis 3. Juli 1937 vertreten durch die Herren Benecke (Telefunken), Braun (Reichspostzentralamt), v. Braunmühl (Reichsrundfunk-Gesellschaft), Grützmacher, als Führer der deutschen Abordnung (Physikalisch-Technische Reichsanstalt), Hartmann (Siemens & Halske) und E. Meyer (Institut für Schwingungsforschung der Technischen Hochschule Berlin). Ein kurzer Bericht über die Tagung ist veröffentlicht. (Vgl. Verz. d. Veröffentl. Nr. 46.) Das wichtigste Ergebnis der Konferenz ist die Neufestsetzung der Lautstärkeeinheit auf der Basis 0,0002 dyn/cm² und die allgemeine Annahme der in Deutschland geprägten Bezeichnung „phon" für die Einheit der Lautstärke.

42. Untersuchung und Prüfung von Stimmgabeln und Stimmgabelgeneratoren. (B. Voigt.) Die Meßgenauigkeit der Lichtsirenenmethode zur Untersuchung und Eichung von Stimmgabeln, Stimmgabelgeneratoren und anderen Apparaten im Frequenzbereich bis zu 15000 Hz wurde dadurch erhöht, daß die automatische Zählapparatur eine auf dem stroboskopischen Prinzip beruhende Anzeigevorrichtung zur Beobachtung der Phase der Schwebungsfrequenz erhielt.

43. Schallaufzeichnung. (B. Voigt, E. Thienhaus.) Die Schallaufnahmeverfahren auf Wachs- und Decelithplatte, auf Stahldraht, Stahlband und mit Eisenpulver präpariertem Film konnten dank dem Entgegenkommen der Firmen C. A. Lorenz, Siemens & Halske, Telefunken und AEG.

eingehender untersucht werden. Gleichzeitig wurden die Frequenzkurve und der Klirrfaktor bei verschiedener Aussteuerung bestimmt[1]).

44. **Stimmton.** (M. Grützmacher, B. Voigt, W. Lottermoser.) Im Einvernehmen mit der Reichsmusikkammer, der Staatlichen Hochschule für Musik, der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, dem Deutschen Normenausschuß, dem Staatlichen Musikinstrumentenmuseum, der Hochschule für Musikerziehung und -unterricht, dem Staatlichen Institut für Deutsche Musikforschung und Vertretern von Instrumentenhandwerk und -gewerbe wurde die Regelung der Stimmtonfrage in Angriff genommen. Als Vorbereitung hierzu sind an Rundfunkdarbietungen deutscher und ausländischer Sender Messungen über die derzeitigen Tonhöhen des Stimmtons angestellt worden, die eine mittlere Stimmtonhöhe von 443 Hz ergaben.

45. **Musikalisch-akustische Untersuchungen.** (M. Grützmacher, W. Lottermoser.) Als Erweiterung früherer Versuche wurden neue Ersatzmaterialien für den Pfeifenbau der Orgel untersucht, worüber den Orgelbauern Deutschlands anläßlich einer Tagung in Berlin berichtet wurde. – Die Apparatur zur Tonhöhenaufzeichnung schnell veränderlicher Vorgänge, wie Sprache und Musik, wurde weiter entwickelt und angefangen, für phonetische Institute Aufnahmen von Schallplatten anzufertigen. Oszillogramme von Sprach- und Musikklängen wurden auf Antrag aufgenommen. Eine Veröffentlichung über den neuen Tonhöhenschreiber ist erschienen. (Siehe Verz. d. Veröffentl. Nr. 18.)

46. **Bauakustik.** (M. Grützmacher, W. Lottermoser.) Auf Antrag von Firmen wurden im Hallraum mehrere Baustoffe auf ihren Schallschluckgrad untersucht.

47. **Musikraum.** (M. Grützmacher, E. Thienhaus.) Die Herrichtung des Musikraumes, der für subjektive Vergleichsmessungen an Schallübertragungsanlagen bestimmt ist, konnte beendet werden. Durch Einbau von mitschwingenden Schallschluckern (Holztäfelung, dreifache Pappverkleidung) für tiefe Frequenzen und porösen Schallschluckern (Türvorhänge, Fußbodenbelag) für hohe Frequenzen konnte die mittlere Nachhallzeit des Raumes von über 2 Sekunden auf den für diese Raumgröße günstigen Wert von etwa 0,7 Sekunden herabgesetzt werden. Es wurde ein einfaches Verfahren zur Nachhallmessung erprobt, bei welchem aus dem durch Schußanregung des Raumes hergestellten kontinuierlichen Schallspektrum empfangsseitig mittels eines Oktavsiebes bestimmte Frequenzgebiete herausgesiebt, und deren Nachhallkurven mit einem logarithmisch arbeitenden Schreibgerät aufgezeichnet werden. Für die Apparatur wurden ein besonderes Kondensatormikrophon und ein hochwertiger, sehr störungsfreier und gegen äußere Einflüsse unempfindlicher Batteriemeßverstärker entwickelt und gebaut. Dieses Verfahren der Nachhallmessung wurde angewendet erstmalig im Rahmen einer gemeinsam mit der Firma Siemens & Halske durchgeführten Untersuchung über „Klangeinsätze an der Orgel" zur Bestimmung der Nachhallzeit der Charlottenburger Schloßkapelle sowie weiterhin zur meßtechnischen Verfolgung der raumakustischen Maßnahmen im Musikraum.

48. **Ultraschallabsorption.** (H. Beuthe, Chr. Sörensen.) Die Untersuchung über die Ultraschallabsorption und Ausbreitung in gasförmigen Medien wurde weitergeführt und ist im wesentlichen abgeschlossen.

49. **Faserstoffe.** (H. Beuthe, Chr. Sörensen.) Die Arbeit über die Veredelung von Kunstfaserstoffen wurde abgeschlossen.

50. **Untersuchungen an Emulsionen.** (H. Beuthe, Chr. Sörensen.) Die Versuche zur Herstellung technischer Emulsionen wurden fortgesetzt.

51. **Lumineszenz von ultraschallbeschicktem Wasser.** (H. Beuthe, Chr. Sörensen.) Die Versuche wurden durch einen umfangreichen Prüfungsantrag auf eine breitere Grundlage gestellt. Besonders der Einfluß des Ultraschalls auf Leitungswasser wurde in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren untersucht.

52. **Messungen hoher Schalldrucke.** (H. Beuthe, Chr. Sörensen.) Versuche zur Messung sehr hoher Schalldrucke wurden aufgenommen.

53. **Erschütterungsmessungen.** (M. Grützmacher, F. J. Meister.) Es wurden die auf dem Markt befindlichen Kohledruck-Beschleunigungsmesser auf ihre Verwendbarkeit als Fahrzeug-Beschleunigungsmesser untersucht. In Zusammenarbeit mit der Firma Askania-Werke konnten die vorhandenen Kohledruckkörper verbessert werden. Mit einem Piezoquarz-Beschleunigungsmesser wurde eine eingehende Untersuchung über den günstigsten Aufstellungsort der Quarzuhren ausgeführt. Für die Aufnahme tieffrequenter Schwingungsvorgänge wurde ein mit einer Trägerfrequenz arbeitendes Schwingungsmeßgerät gebaut. Das Gerät konnte mit Erfolg zur

[1]) Hierbei hat sich die neuerrichtete hochwertige Übertragungsanlage, die bei dem subjektiven Vergleich mit dem unmittelbar gesprochenen Wort Verwendung fand, gut bewährt.

Messung von Fahrbahnunebenheiten (siehe Verz. d. Veröffentl. Nr. 50) und für Beschleunigungsmessungen in Personenkraftwagen eingesetzt werden. Auch konnte mit dem neuen Gerät auf Antrag der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen (Versuchsstraße Braunschweig) die Betonplattenbewegung beim Befahren der Versuchsstraße festgestellt werden.

54. Tonfilmtechnik. (M. Grützmacher.) Eine engere Zusammenarbeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt mit der Reichsfilmkammer und der Tonfilmindustrie, mit dem Ziele der Eichung von Tonfilmgeräten und Prüfung von Tonfilmateliers und Kinotheatern, ist in die Wege geleitet.

55. Geräuschmessung. (M. Grützmacher, H. Kösters, W. Bierreth, A. Kemper.) Die Entwicklung von Geräuschmessern wurde fortgesetzt. Im Auftrage des Reichs- und Preußischen Verkehrsministers wurde eine Verkehrslärmkarte eines Teiles von Groß-Berlin aufgenommen und die Lautstärkeverteilung für einen ganzen Tagesablauf bestimmt. Um einen Überblick über die Wirksamkeit von Schalldämmstoffen und anderer Lärmabwehrmaßnahmen im praktischen Betrieb zu erhalten, wurde im Auftrage des Reichs- und Preußischen Arbeitsministers eine größere Meßreihe in Düsseldorfer Industriebetrieben begonnen. Ein größerer Prüfungsauftrag für die Marine sowie mehrere Geräuschmessereichungen wurden durchgeführt. Mit der Entwicklung einer Einrichtung zur Messung des Drehrausches von Potentiometern wurde begonnen.

56. Elastische Eigenschaften von Festkörpern. (Goens.) Auf Antrag der Industrie wurden für eine Reihe der neuen Zinkaustauschlegierungen die elastischen Konstanten bestimmt. Die Versuche zur Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der elastischen Konstanten von Metallkristallen wurden wieder aufgenommen. Da sich bei höheren Temperaturen nachträglich gewisse Unstimmigkeiten ergeben hatten, sind die Ursachen durch weitere Versuche geklärt und die Meßanordnung entsprechend verbessert worden. Weiterhin wurde der Elastizitätsmodul von Zinkgußstäben verschiedener Textur gemessen. Für die auf Grund theoretischer Berechnung in der Literatur aufgestellten Behauptungen, daß der Elastizitätsmodul einer Probe bestimmter Textur größer sein könne als der Höchstwert im Einkristall, ergab sich bisher kein experimenteller Anhalt.

Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Verformung und physikalischen Eigenschaften von Metallen wurden in Angriff genommen.

57. Reibungsmessungen an Schmiermitteln. (V. Vieweg, J. Kluge, F. Maske.) Das früher angegebene Verfahren für vergleichende Reibungsmessungen an Schmiermitteln (siehe Tätigkeitsbericht 1936, Nr. 46) wurde weiter ausgebaut. An zahlreichen Ölen wurden Reibungsmessungen nach diesem Verfahren durchgeführt. Die Messungen ergaben, daß dieses Verfahren infolge seiner großen Genauigkeit geeignet erscheint, die Schmiermittel hinsichtlich ihrer Schmierfähigkeit zu bewerten. Da jede Flüssigkeitsreibung vermieden ist, können auch Schmiermittel mit großen Zähigkeitsunterschieden, z. B. Öle mit Fetten, verglichen werden.

Außerdem wurden Untersuchungen mit verschiedenen handelsüblichen Ölprüfgeräten durchgeführt. Die Geräte sind infolge ihrer Ungenauigkeit nicht geeignet, die zum Teil sehr kleinen Unterschiede in den Reibungswerten der verschiedenen Schmiermittel zu messen.

58. Absolutbestimmung der Reibungswerte. (F. Maske.) Die Absolutbestimmung der Reibungswerte ist mit den bisher üblichen Prüfanordnungen zwar im Gebiet der hydrodynamischen Schmierung und der Haftreibung möglich, jedoch versagt sie im Gebiet der fallenden Charakteristik, d. h. in dem Bereich, in dem die Reibungszahl mit erhöhter Gleitgeschwindigkeit abnimmt, da hier Schwingungen auftreten. Es war daher notwendig, ein Verfahren auszuarbeiten, das den Gesamtreibungsbereich zu messen gestattet. Um die Schwingungen zu unterdrücken, darf die Meßeinrichtung einerseits nur kleine Verstellwege zulassen, andererseits muß sie eine hinreichende Dämpfung aufweisen. Als besonders brauchbar erwies sich nach den bisherigen Versuchen eine Membrandose mit Flüssigkeitsfüllung. Als Maß für die Reibungskräfte dient hierbei die Steighöhe einer Flüssigkeitssäule. Um die Meßeinrichtung für Dauerversuche zu verwenden, wurde eine Registriervorrichtung entwickelt.

59. Oberflächenbeschaffenheit der Gleitflächen. (G. Bochmann, H. Eicke.) Von grundlegendem Einfluß auf die Bestimmung der Reibungswerte ist neben dem Lagerbaustoff der Bearbeitungszustand der Gleitflächen. Die früher begonnenen Untersuchungen (siehe Tätigkeitsbericht 1935, Nr. 40*b*, und 1936, Nr. 47) über diesen Einfluß wurden fortgesetzt und insbesondere wurde die Grenzflächenbeschaffenheit der Metalle (Beilby-Schicht) untersucht. Gleichzeitig wurde der elektrische Widerstand der Schmierfilme bei den verschiedenen Bearbeitungszuständen und Gleitgeschwindigkeiten untersucht.

60. Schmiertechnische Untersuchungen unter Berücksichtigung der heimischen Rohstoffversorgung. (F. Maske, G. Bochmann.) In den letzten Jahren werden in erhöhtem Umfange regenerierte

Öle in der Technik wiederverwendet. Hierbei ergibt sich die Frage, ob die Schmierfähigkeit der Öle durch den Alterungsvorgang und die darauffolgende Ölaufarbeitung verändert ist. Daher wurden verschiedene vergleichende Reibungsmessungen zwischen Frischöl, Altöl und regeneriertem Öl durchgeführt. Die bisher vorliegenden Meßergebnisse zeigen, daß das regenerierte Öl im allgemeinen die gleichen Reibungswerte (Schmierfähigkeit) aufweist wie das Frischöl. Das gealterte Öl liegt in den Reibungswerten meistens niedriger als das Frischöl. Durch weitere Versuche soll aufgeklärt werden, welche Regenerierverfahren für die Aufarbeitung der Altöle besonders geeignet sind.

Um Unterlagen über die Abhängigkeit der Schmierfähigkeit von der Konstitution der Schmieröle zu gewinnen, wurden einige Vergleichsmessungen zwischen synthetischen Ölen und Mineralölen durchgeführt.

Die Einsparung metallischer Lagerbaustoffe führte in der Technik zur Verwendung von Kunstpreßstoffen für Lagerzwecke. Daher wurden Vergleichsmessungen an verschiedenen Preßstoffen durchgeführt. Das günstige Verhalten solcher Preßstoffe, insbesondere bei hochbelasteten, langsam laufenden Lagern konnte durch Untersuchungen bestätigt werden.

61. **Schutzpendeluhr.** (Rieckmann). Die Arbeiten konnten im vergangenen Jahre stärker betrieben werden als vorher.

62. **Zeitmessung mit der Olympia-Zielzeitkamera.** (W. Keil, E. Rieckmann, K. Hild.) Die Kamera wurde bei den Deutschen Leichtathletikmeisterschaften am 24. und 25. Juni 1937 in Berlin sowie zur Geschwindigkeitsmessung bei dem Rekordflug der Bayerischen Flugzeugwerke G. m. b. H. am 11. November 1937 in Augsburg eingesetzt.

63. **Stoppuhrprüfgerät.** (E. Rieckmann.) Das Prüfgerät wurde auf Vollnetzanschluß umgestellt und verbessert.

64. **Untersuchungen an Taschen- und Armbanduhren.** (K. Hild, W. Keil.) *a)* Über lange Zeit sich erstreckende Gangbeobachtungen an Taschenuhren im Gebrauch wurden weitergeführt. *b)* Um technische und wirtschaftliche Unterlagen für die handwerkliche Veredelung von Taschenuhren der Uhren-Reihenherstellung zu erhalten, wurden für den Reichsinnungsverband für das Uhrmacherhandwerk weitere Untersuchungen durchgeführt. *c)* Die Ergebnisse der ersten Armbanduhrenbeobachtungen wurden veröffentlicht. Die Güte von Armbanduhren wird durch die Genauigkeit der Herstellung sowie die Ausschaltung der äußeren Einflüsse, von denen nur die Temperatur wesentlich ist, bestimmt. Die Haltbarkeit des Öles begrenzt bei Uhren dieser Art die Dauer gleichbleibender Leistungen auf 6–12 Monate. *d)* Die Beobachtungen an Armbanduhren im Gebrauch wurden fortgesetzt. *e)* Die Laboratoriumseinrichtungen zur Prüfung und Untersuchung von Stoppuhren, Taschen- und Armbanduhren werden weiterentwickelt und verbessert. (Verz. d. Veröff. Nr. 19.)

65. **Untersuchung von Stoppuhren.** (K. Hild.) Die Untersuchungen sind noch im Gange, sie wurden auf weitere Typen und Fragestellungen ausgedehnt.

66. **Abgrenzung der Begriffe, die die Leistung von Uhren kennzeichnen.** (K. Hild.) Die Arbeit wurde abgeschlossen.

67. **Uhrentechnische Entwicklungsarbeiten und Beratung.** (W. Keil, E. Rieckmann, K. Hild.) Die Beratung amtlicher und privater Stellen in zeitmeßtechnischen Fragen sowie der Anfall an besonderen Entwicklungsaufgaben haben erneut zugenommen und das Laboratorium stark beansprucht. – Den Vorsitz des Fachausschusses beim Reichsinnungsverband für das Uhrmacherhandwerk hat der Erstgenannte übernommen. Aufgabe des Fachausschusses ist es, die Uhrentechnik entsprechend den Fortschritten der Fertigungstechnik zu untermauern und bei Entwicklungsaufgaben auf diesem Gebiet als Beratungs- und Auskunftsstelle mitzuwirken.

68. **Zulassung mechanisch betriebener Spielgeräte.** (W. Keil, P. Lob, G. Bethe.) Mechanisch betriebene Spiele, die in geschlossenen Räumen aufgestellt werden können, müssen ihren Gewinn in Form von Waren selbsttätig ausgeben. Da diese Spieleinrichtungen dem Spieler im allgemeinen wenig Anreiz zum Spielen bieten, wurden nur wenige Anträge auf Zulassung eingereicht.

Die Erlasse des Reichsführers SS und Chefs der Deutschen Polizei im Reichsministerium des Innern III D 1345 I–II/36 vom 9. Juli 1936 und O-Vu R. R. III 4663 V/37 vom 7. Mai 1937 bestimmen, daß nunmehr auch die auf Jahrmärkten aufgestellten Glücksspiele, bei denen der Gewinn in Ware besteht, der Zulassung durch die Reichsanstalt bedürfen. Damit wurde der Aufgabenkreis der Zulassungsstelle erweitert, so daß die zur Verfügung stehenden Räume für Prüfungen nicht mehr ausreichten. Um auch den Antragstellern die Kosten für den Transport der Geräte usw. zu verringern, wurden die meisten Prüfungen außerhalb der Reichsanstalt vorgenommen.

Es wurden im Berichtsjahr 511 Spiele in 32 verschiedenen Städten auf 56 Aufstellplätzen geprüft.

Es fand eine Sitzung am 16. März 1937 nach § 2 Abs. 2 der Verordnung zur Durchführung des § 33d der Gewerbeordnung vom 22. Mai 1935 statt.

Die Arbeitsräume des Laboratoriums wurden am 1. September 1937 verlegt nach Berlin-Baumschulenweg, Köpenicker Landstraße 296; die Sammlung an eingehaltenen Spielgeräten verblieb in Charlottenburg.

69. Neubau und Neueinrichtungen. (V. Vieweg, H. E. Linckh, W. Hänsch.) Die Bauarbeiten bei der Aufstockung des NW.-Flügels des Starkstromgebäudes wurden abgeschlossen und die elektrische Einrichtung fertiggestellt. Die baulichen Arbeiten am Quarzuhrenkeller an der NW.-Seite des Observatoriums und beim Neubau des Funkturmes auf dem Starkstromgebäude wurden bis auf den Innenausbau beendet. — Der Umbau und die Erweiterung der Hochspannungsstation und die Neuverlegung der allgemeinen elektrischen Experimentieranlagen im Hauptgebäude wurden begonnen.

70. Laufende Betriebsangelegenheiten. (W. Hänsch.) Die laufenden Instandsetzungsarbeiten und Ergänzungen an den Batterien, Maschinen, Schaltanlagen, allgemeinen elektrischen Experimentieranlagen sowie an den übrigen technischen Anlagen wurden ausgeführt.

71. Hauptwerkstatt. (W. Keil.)

a) Neuerungen und Ausrüstungen. Es wurden angeschafft:

1 Mechanikerdrehbank,
1 Doppelkammerhärteofen mit elektrischer Heizung,
1 Doppelschleifmaschine für Werkzeuge.

b) Herstellung von Apparaten. An größeren Apparaten wurden u. a. fertiggestellt:

1 Zeitzählwerk verbesserter Bauart,
1 Entwurf eines neuen Zeitzählwerkes mit mechanischer Stoppeinrichtung,
1 Stoppuhrprüfgerät mit vollem Netzanschluß,
8 Spitzenventile mit Feinstelleinrichtung,
2 Führungen für Meßkugelfunkenstrecken,
1 druckdichter Vakuumbehälter für ein starkes Radiumpräparat,
3 hochisolierende Kondensatoren,
1 rotierender verstellbarer Sektor,
1 Vorrichtung zur Ermittlung des Abriebes an gummiartigen Stoffen,
2 Düsen großen Querschnitts für Strömungsmessungen.

c) Im Bau befinden sich: Mehrere hochisolierende Präzisionskondensatoren, ein elektrostatischer Pendelantrieb, ein Soleil-Komparator, ein Gerät zum Auswuchten von Schleifscheiben, ein Stoppuhrprüfgerät.

d) An kleineren Arbeiten wurden ausgeführt: Verschiedene Teilarbeiten zur Stromwaage, mehrere neue Spulensätze, eine druckdichte stopfbuchsenfreie Kurbeldurchführung, mehrere Schalttafeln, mehrere Meßklötze, mehrere Luftstrahlgeneratoren, eine große Anzahl Reparaturen an Meßgeräten, zahlreiche Gravierungen und Stempelungen.

72. Dienststelle Schrifttum. (A. Burmester, H. Koch.) Die im Jahre 1937 in der Physikalischen Zeitschrift sowie in der Akustischen Zeitschrift veröffentlichten wissenschaftlichen Arbeiten sind als Band 21 der „Wissenschaftlichen Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt" herausgegeben worden. Ferner wurden der Tätigkeitsbericht sowie das Buch „Forschung und Prüfung — 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt", herausgegeben von J. Stark, redaktionell bearbeitet. Zahlreiche statistische Arbeiten für besondere Zwecke, z. B. über den Starkeffekt, über das Gebiet der Quantentheorie und dergleichen, wurden ausgeführt.

Der Verkehr in Angelegenheiten des Schrifttums auf physikalischem und technischem Gebiet mit Privaten, Instituten, der Industrie und auswärtigen Büchereien wurde geregelt, den Wissenschaftern oft schwierig zu erhaltende Literatur beschafft.

Neben den Entleihungen und den sonstigen laufenden Arbeiten der Bücherei sind die Neueingänge von Büchern der Haupt- und der ihr angegliederten Handbüchereien in Listen zusammengestellt und bekanntgegeben; zur Zeit ist Liste 3 in Vorbereitung.

73. **Prüftätigkeit der Präsidialabteilung.**

Laboratorium für Radioaktivität

170 (108) Radiumpräparate,
9 (11) Mesothorpräparate, } im ganzen äquivalent 1998 (1715) mg *Ra*,
0 (5) Radiumpräparate auf Mesothorfreiheit,
3 (3) Radiumpräparate nur auf Emanationsdichtigkeit,
25 (23) radioaktive Materialien (Erze u. a.),
6 (1) Kompressen,
9 (5) Emanatoren,
4 (4) pharmazeutische Präparate,
33 (42) Normal-Radiumlösungen wurden abgegeben.

Physikalisch-Chemische Laboratorien

Laboratorien a) für anorganische Werkstoffe, b) für organische Werkstoffe und Kolloide

30 (34) Glasprüfungen,
7 Glasanalysen,
13 Metallanalysen,
13 (27) verschiedene Analysen,
9 analytische Prüfungen,
5 (0) Öl- und Fettprüfungen (davon 2 nach der VDE-Vorschrift).

c) Laboratorium für Röntgen- und Spektralanalyse

137 röntgenspektrographische Aufnahmen für Prüfungsanträge (23) und Forschungsarbeiten.

d) Photochemisches Laboratorium

Es wurden 113 (23) Platten und Filme auf DIN-Empfindlichkeit geprüft.

Laboratorien für Feinmechanik

57 (29) Leitspindeln,
5 (0) Leitspindeln (Abnahme im Herstellerwerk),
3 (0) Gewindemeßspindeln,
7 (0) Feingewindespindeln,
3 (0) Werkstückgewindespindeln,
1 (0) Mikromanometerspindel,
8 (21) Gewindelehrdorne,
6 (0) Grenzgewindelehrdorne,
1 (0) Ausschußgewindelehrdorn,
5 (0) Gewindeeinstelldorne,
1 (1) Gut-Gewindelehrring,
3 (2) Trapezgewindelehrdorne,
2 (0) Gewindebohrer,
4 (0) Gewindeköpfe,
3 (0) Einstellmaße für Flankenmikrometer,
71 (65) Satz A.P.I.-Bezugsgewindelehren,
1 (7) Verschraubung von A.P.I.-Full-hole-Rotary-Bezugslehren,
1 (0) Satz DIN-Bezugsgewindelehren,
2 (0) Schraublehren,
4 (8) Grenzlehrdorne,
3 (3) Grenzrachenlehren,
3 (1) Urkegeldorne,
36 (8) Sphärometerringe,
1 (3) Meßuhr,
30 (40) Bleikugeln,
1 (0) Kantenspaltfilter,
3 (0) Kreiselachsen,
2 (0) Präzisionsblenden,
14 (0) Kegelräder,
2 (0) geläppte Zahnräder,
2 (0) ungeläppte Zahnräder,
2 (0) Schneidräder,
1 (0) innenverzahnter Radkranz,
3 (0) Kammstähle,
1 (0) Schnecke.

Außerdem wurden für die Laboratorien der Reichsanstalt Messungen der verschiedensten Art durchgeführt.

Akustische Laboratorien

a) Laboratorium für Schallübertragung

2 (0) Absorptionsmaterialien (Schallschluckzahl),
1 (0) Normaltonsirene,
2 (5) Kondensatormikrophone,
2 (3) Schalldruckmesser,
2 (2) Oszillogrammaufnahmen,
5 (1) Kohlemikrophone,
3 (0) Hörapparate,
4 (8) Lautsprecher,
1 (0) Klirrfaktormeßbrücke,
1 (0) Siebkette.

b) Laboratorium für Schallaufzeichnung

7 (14) Stimmgabeln im Bereich von 60 bis 5000 Hz,
1 (0) Temperaturkoeffizient von Stimmgabeln im Bereich von −15° bis +45° C,
5 (10) a-Gabeln,
4 (6) beglaubigte Kammertongabeln,
17 (62) Oszillographengabeln,
17 (14) Stimmgabelgeneratoren und Zeitmarkengeber.

c) Laboratorium für Geräuschmessung

3 (3) Geräuschmesser,
3 (0) Geräuschmessungen,
1 (0) Messung von Potentiometerrauschen.

d) Laboratorium für Erschütterungsmessungen

2 (1) Erschütterungsmessungen.

Laboratorium für uhrentechnische Vesuche

2 (4) Schaltuhren,
3 (11) Stoppuhren,
1 (0) Zeitstempeluhr,
11 (0) Photoverschlüsse,
1 (0) Kontaktpendeluhr,
1 (0) Stoppuhrprüfgerät.

Für Laboratorien der Reichsanstalt wurden zahlreiche Stoppuhren geprüft und neu feingestellt.

Laboratorium für die Zulassung mechanisch betriebener Spielgeräte

Nach der Verordnung zur Durchführung des § 33d Abs. 2 der Gewerbeordnung vom 22. Mai 1935 (Reichsgesetzbl. I S. 683, 1935) wurden 172 (13) mechanisch betriebene Spielgeräte geprüft, außerdem wurden 9 (4) einer Vorprüfung unterzogen.

Es wurden zugelassen:

a) Nach § 2 der Verordnung:

1 (4) Ausspielgerät,
2 (1) Kugelschlaggeräte.

Nach § 7 wurden 12 (30) Zulassungszeichen erteilt.

b) Nach dem Erlaß des Reichsführers SS und Chefs der Deutschen Polizei im Reichsministerium des Innern O-Vu R.R. III 4663 V/37 vom 7. Mai 1937:

60 Drehräder,
48 Tischräder,
6 Städte- und Namenspiele,
7 Rennspiele,
1 Schießstand,
46 Blinker,
2 Andere Geräte

Für diese Glückspielgeräte wurden insgesamt 244 Zulassungszeichen erteilt. 5 Zulassungsanträge für Glückspiele wurden abgelehnt, 2 Zulassungszeichen nach § 6 der Verordnung widerrufen.

Abteilung I (Maß und Gewicht)

74. **Vakuumwellenlängen.** (W. Kösters, P. Lampe, E. Engelhard.) Die Vakuumwellenlängen für die gelbgrüne Kryptonlinie *Kr* 0,5651 μ und für die als Hilfslinie zur Bestimmung der Ordnungszahl der Interferenzstreifen benutzte rote Kryptonlinie *Kr* 0,6458 μ wurden bei dem maßgebenden, von Fabry-Perot benutzten Gangunterschied von 125 mm an die rote Kadmiumlinie *Cd* 0,6440 μ sorgfältig neu angeschlossen.

Die Vakuumwellenlängen sind:

$$\lambda_{\text{vac } Kr\,\text{gelbgrün}} = 0{,}565\,112\,89\ \mu,$$

$$\lambda_{\text{vac } Kr\,\text{rot}} = 0{,}645\,807\,27\ \mu.$$

Ebenso wurden die beiden orangen Kryptonlinien *Kr* 0,6057 μ und *Kr* 0,6013 μ bei einem Gangunterschied von 250 mm mit der gelbgrünen Kryptonlinie *Kr* 0,5651 μ sorgfältig neu bestimmt.

Die Vakuumwellenlängen sind:

$$\lambda_{\text{vac } Kr\,606} = 0{,}605\,780\,24\ \mu,$$

$$\lambda_{\text{vac } Kr\,601} = 0{,}601\,382\,00\ \mu.$$

75. **Untersuchung der roten Kadmiumlinie *Cd* 0,6440 μ und der roten Kryptonlinie *Kr* 0,6458 μ im Vergleich mit der gelbgrünen Kryptonlinie *Kr* 0,5651 μ.** (W. Kösters, P. Lampe, E. Engelhard.) Die rote Kadmiumlinie *Cd* 0,6440 μ und die rote Kryptonlinie *Kr* 0,6458 μ wurden bei Gangunterschieden bis zu 200 mm bzw. bis zu 500 mm mit der gelbgrünen Kryptonlinie *Kr* 0,5651 μ verglichen. Die Messungen ein und derselben Länge mit den drei Spektrallinien zeigen Abweichungen, die die Meßgenauigkeit überschreiten. Unter der durch besondere Untersuchungen gestützten Annahme der Einfachheit der gelbgrünen Kryptonlinie deuten diese Abweichungen auf eine Struktur der roten Kadmiumlinie und der roten Kryptonlinie hin. Die Struktur bewirkt, daß die beobachteten Streifenlagen nicht proportional dem Gangunterschied fortschreiten. Die maximalen Abweichungen von der „Linearität" bei der roten Kadmiumlinie und der roten Kryptonlinie betragen mehrere Tausendstel μ.

76. Der **Meteranschluß** (W. Kösters, P. Lampe, E. Engelhard) wurde nochmals in der gleichen Weise wie in den Jahren 1933 und 1935 durchgeführt.

Mißt man die Wellenlänge der roten Kadmiumlinie an der aus dem deutschen Prototyp Nr. 18 hergeleiteten gesetzlichen Meterlänge, so ergibt sich unter Zugrundelegung der neuesten Gleichung des Deutschen Prototyps

$$Pr\,18 = 1\,\text{m} - 1{,}50\ \mu + 8{,}621\,t\ \mu + 0{,}00180\,t^2\ \mu$$

für die Wellenlänge der roten Kadmiumlinie in trockener Luft von 15°, 760 mm Hg Druck, normalem CO_2-Gehalt von 0,03 Volumprozent und bei dem maßgebenden, von Fabry-Perot benutzten Gangunterschied von 125 mm im Jahre 1937 der Wert

$$\lambda = 0{,}643\,847\,00\ \mu,$$

während die Werte in den Jahren 1933 und 1935 nach Umrechnung auf die neueste Gleichung des Prototyps und unter Berücksichtigung der 1937 bestimmten Vakuumwellenlängenwerte für die tatsächlich zur interferentiellen Messung benutzten Kryptonlinien *Kr* 0,5651 μ und *Kr* 0,6458 μ:

1933 0,643 846 89 μ
und 1935 0,643 846 90 μ

betragen.

Die größte Abweichung der drei Ergebnisse beträgt $11 \cdot 10^{-8}\ \mu$, die einem Unterschied von 0,17 μ auf das Meter entspricht und weit innerhalb der bei den Anschlüssen an das Strichnormal erreichbaren Genauigkeit liegt.

Für die bei dem Meteranschluß benutzten Endmaßnormale von 500, 990, und 1000 mm Länge wurden durch Ausgleichung sämtlicher interferentieller Beobachtungen seit 1933 nach der Methode der kleinsten Quadrate die Gleichungen für die Länge dieser Maße abhängig von der Temperatur und der Zeit aufgestellt.

77. **Internationale Strichmaßvergleichungen.** (W. Kösters, P. Lampe, E. Engelhard.) Ein interferentiell ausgemessenes, 1 m langes Strichmaß aus Stahl wurde an das Deutsche Prototyp *Pr* 18 und hierauf vom Bureau International des Poids et Mesures in Sèvres an das Prototyp T_3 angeschlossen. Die beiden Strichmaßvergleichungen stimmen gut überein. Die Abweichung der Ergebnisse betrug 0,12 μ.

78. **Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Lichtzerstreuungsvermögen und Eindringungstiefe des Lichtes an Stahlendmaßflächen verschiedener Herkunft und verschiedener Rauhigkeit** (W. Kösters, E. Engelhard) wurden mit Licht verschiedener Wellenlänge fortgesetzt. Zur Messung der kleinen Verschiebungen der Streifenlagen wurde der achromatische Interferenzstreckenkompensator benutzt.

79. **Die Konstruktion eines neuen Meteranschlußapparates** (W. Kösters) wurde weitergeführt. An den Arbeiten ist der technische Sekretär Schröter wesentlich beteiligt.

80. **Neubearbeitung der Eichordnung.** (P. Lampe, G. Zipler, F. Neumann.) Der Abschnitt der Eichordnung über Längenmaße und Meßkluppen wurde neu bearbeitet.

81. **Zulassung von Längenmaßen zur Eichung.** (F. Neumann.) Die Entwicklungsarbeiten für einen eichfähigen Feldmeßzirkel zum Gebrauch in landwirtschaftlichen Betrieben sind so weit gefördert, daß die Zulassung des Feldmeßzirkels zur Eichung demnächst erfolgen kann.

82. **Anschluß des Norwegischen Hauptnormalmeters an das Norwegische Urmaß und Vergleichung des Norwegischen Urmaßes mit dem Deutschen Urmaß.** (F. Neumann, G. Zipler.) Das Norwegische Hauptnormalmeter *H* 7 wurde in Gegenwart des Direktors des Norwegischen Eichwesens Dr. Falk an das Norwegische Urmaß *Pr* 3 angeschlossen. Gleichzeitig wurde eine Vergleichung des Norwegischen Urmaßes mit dem Deutschen Urmaß *Pr* 18 durchgeführt. Es wurde für die beiden Urmaße ein Längenunterschied von 1,63 μ ermittelt. Dieser Unterschied stimmt bis auf 0,06 μ mit dem Wert überein, der sich aus den im Jahre 1922 bzw. 1934 vom Bureau International des Poids et Mesures für das Norwegische und das Deutsche Urmaß angegebenen Längen ergibt.

83. **Längenbestimmung an Prüfstäben aus Kunst- und Preßstoffen.** (F. Neumann.) Die Untersuchungen zur Bestimmung des Schwindmaßes von Kunst- und Preßstoffen wurden weitergeführt. Es wurde eine Abhängigkeit des Schwindmaßes von der Art des Füllstoffes festgestellt.

84. **Vorschriften für Längenmeßgeräte.** (W. Lanzrath.) Die Vorschriften der Eichordnung für Draht- und Kabelmeßmaschinen sowie für Stoffmeßmaschinen wurden durch völlige Umarbeitung dem derzeitigen Stand der technischen Entwicklung angepaßt.

85. **Draht- und Kabelmeßmaschinen.** (W. Lanzrath.) Die Geräte wurden hinsichtlich ihrer richtigen Wirkungsweise durch konstruktive Änderungen (Vergrößerung des Umfanges der Meßräder, Vorrichtungen für genauere tangentiale Führung des Meßgutes zum Meßrad) weiter vervollkommnet. 1 Bauart mit elastisch ausgebildeter Lauffläche des Meßrades wurde endgültig, 3 weitere Bauarten wurden probeweise zugelassen.

86. **Stoffbandmeßgeräte.** (W. Lanzrath.) Es wurden 2 neue Bauarten probeweise zugelassen.

87. **Längenmeßgeräte für die Textilindustrie.** (W. Lanzrath.)

a) Stoffmeßmaschinen. Der Einfluß der Meßgeschwindigkeit auf die Wirkungsweise einzelner Bauarten wurde durch grundlegende Versuche geklärt. Es wurden 6 neue Bauarten auf Eichfähigkeit geprüft; davon wurden 4 Bauarten probeweise zugelassen. Vorrichtungen zum fortlaufenden Markieren der gemessenen Länge nach Abschnitten von 0,5, 1 und 5 m wurden in unterschiedlichen Ausführungsformen geprüft. Davon wurden 3 Formen zugelassen.

b) Legemaschinen. 1 Bauart mit Einrichtungen zum Legen von Textilstoffen in Lagen von 1 m sowie auch von 1 englisch Yard Länge wurde geprüft und zugelassen.

88. **Zählwerke für Längenmeßgeräte.** (W. Lanzrath.) Es wurden Zählwerke für Stoffmeßmaschinen mit unterschiedlichen zusätzlichen Einrichtungen (Kartendruckwerk mit Abrundung auf halbe Dezimeter, Voreinstellvorrichtung [Abschaltvorrichtung] für die abzumessende Länge, Blockiervorrichtung und Sicherheitseinrichtung) geprüft und zugelassen.

89. **Garnmeßgeräte.** (W. Lanzrath.) Für die Berechnung des wirksamen Umfanges von Garnweifen wurde ein neues Verfahren entwickelt. 3 Garnweifen wurden geprüft und beglaubigt.

90. **Papiermeßmaschinen.** (W. Lanzrath.) Auf Grund der Übergangsbestimmungen wurden 8 Meßmaschinen einstweilen zur Eichung zugelassen.

91. **Wegstreckenmesser an Kraftfahrzeugen.** (W. Lanzrath.) 3 Bauarten in unterschiedlichen Ausführungsformen wurden endgültig zur Eichung zugelassen; davon ist die eine Bauart (Tachograph) noch mit Geschwindigkeitsmeßeinrichtung, Uhr und Rüttelwerk sowie mit entsprechenden Schreibvorrichtungen versehen. Weiterhin wurden noch 4 verschiedene neue Bauarten auf Eichfähigkeit geprüft.

92. **Fahrpreisanzeiger an Kraftdroschken.** (W. Lanzrath.) 2 neue Bauarten wurden auf Eichfähigkeit geprüft.

Der zur betriebsmäßigen Prüfung von Wegstreckenmessern und Fahrpreisanzeigern eingeführte Meßwagen wurde, im besonderen hinsichtlich des Fahrgestells, weiterentwickelt. Außerdem wurden Anschlußstücke für die Verbindung der biegsamen Welle mit dem Antriebstutzen des Fahrzeuges und mit dem Meßgerät (Wegstreckenmesser, Tachograph, Fahrpreisanzeiger sowie auch Geschwindigkeitsmesser) in verschiedenen Ausführungsformen, im besonderen in Vierkantform von 2,6 und 4,0 mm Ausmaßen, auf zuverlässige Wirkungsweise durch Dauerversuche auf dem Prüfstand geprüft.

Weiterhin wurde die Ausbildung von Prüfeinrichtungen für Geschwindigkeitsmesser an Kraftfahrzeugen in Angriff genommen.

93. **Flächenmeßgeräte, Planimeter, Ledermeßmaschinen.** (W. Lanzrath.) 1 neue Bauart einer Ledermeßmaschine wurde geprüft und probeweise zugelassen; 1 Bauart wurde endgültig zugelassen. Außerdem sind mehrfach Meßunstimmigkeiten durch Nachmessung des vorgelegten Meßgutes geklärt worden.

94. **Umbau der Laboratoriumsräume.** (E. Padelt, W. v. Ohnesorge.) Die im Jahre 1936 beschafften Prüfeinrichtungen für Mineralölmeßgeräte wurden auf Grund der bei den Versuchen gewonnenen Erfahrungen weiter ausgebaut und vervollkommnet.

Der Umbau der Laboratoriumsräume und der Prüfstände für Wassermesser wurde fortgeführt. Fertiggestellt sind bisher die Prüfeinrichtungen. Bei den Prüfständen werden grundsätzlich zur Bestimmung der durchgeflossenen Menge Waagen benutzt. Die Prüfstände sind zur Zeit noch an den vorhandenen Hochbehälter angeschlossen. Es können daher zur Zeit nur Prüfungen bis zu Durchflußstärken von etwa 80 cbm je Stunde ausgeführt werden. Eine Erhöhung der Leistung des großen Prüfstandes ist erst möglich, wenn der Umbau und die Vergrößerung des Hochbehälters und die Verlegung der 300 mm weiten Falleitung fertiggestellt ist.

95. **Vorschriften für Flüssigkeitsmeßgeräte.** (E. Padelt, W. v. Ohnesorge, E. Heß.) Die durch die technische Entwicklung der Flüssigkeitsmeßwerkzeuge, insbesondere der Durchflußmesser und Meßpumpen bedingten Änderungen der Eichordnung wurden vorbereitet. Die Bestimmungen für die Prüfung, besonders der für Durchflußmesser für zähflüssige Mineralöle, wurden weiter ausgestaltet. Zur Durchbildung der Prüfverfahren für Durchflußmesser großer Durchflußstärken wurden einige Eichungen von Messern mit Durchflußstärken von 150 cbm je Stunde ausgeführt.

96. **Vorschriften für Wassermesser.** (E. Padelt, W. v. Ohnesorge.) Es wurde ein Entwurf einer Eichordnung für Wassermesser aufgestellt.

97. **Untersuchungen von Durchflußmessern für Mineralöle.** (E. Padelt, W. v. Ohnesorge, E. Heß.) Die Untersuchungen über die Abhängigkeit der Anzeige der Durchflußmesser für Mineralöle von der Viskosität und Schmierfähigkeit der Öle wurden auf dem neuen Prüfstand fortgesetzt. Das Verhalten der Messer bei größeren Durchflußstärken konnte dabei geklärt werden. Das Verhalten bei kleineren Durchflußstärken (im Anlaufgebiet) bedarf noch weiterer Untersuchungen.

98. **Systemprüfung von Flüssigkeitsmeßgeräten.** (E. Padelt, W. v. Ohnesorge, E. Heß.) Bearbeitet wurden 131 Zulassungsanträge. In 56 Fällen wurden wichtige Auskünfte und Entscheidungen erteilt.

99. **Vermessung von Lagertanks.** (E. Padelt, W. v. Ohnesorge, E. Heß.) Das im Jahre 1935 entwickelte und im Jahre 1936 apparativ weiter ausgebildete Verfahren zur Vermessung großer Lagerbehälter konnte auf Grund der bei den Tankvermessungen gewonnenen Erfahrungen weiter vereinfacht werden. Ferner wurden die Möglichkeiten der Prüfung von Lagerbehältern in Form liegender Zylinder und der Einfluß der Verlagerung solcher Behälter auf die Anzeige der Peilvorrichtung eingehend untersucht. Es wurden mehrere Verfahren für die Prüfung solcher liegenden Zylinder ausgebildet.

100. **Fässer.** (E. Padelt, W. v. Ohnesorge, E. Heß.) Bearbeitet wurden 2 Zulassungsanträge. Die Eichordnungsvorschriften wurden überarbeitet.

101. **Meßwerkzeuge für trockene Gegenstände.** (E. Padelt, W. v. Ohnesorge, E. Heß.) Die Eichordnungsvorschriften für Meßgeräte für trockene Gegenstände wurden grundlegend umgestaltet; dabei wurden auch neue Meßvorrichtungen für Brennholz in den Entwurf aufgenommen.

102. **Vergleichung des Norwegischen Urkilogramms Nr. 36 mit dem Deutschen Urkilogramm** Nr. 22. (G. Langbein, B. Lenk.) Die für beide nationale Institute gleich wertvolle unmittelbare Vergleichung der nationalen Prototype wurde in der Zeit vom 27. Juli bis 5. August im Anschluß an die Vergleichung der Norwegischen Normalkilogramme (siehe folgenden Abschnitt) in Gegenwart von Dr. Falk, Oslo, ausgeführt. Es ergab sich für den Unterschied

$$Pr\,36 - Pr\,22 = +0{,}187\ \text{mg} \pm 0{,}013\ \text{mg}$$

in guter Übereinstimmung mit den in Paris bestimmten Fehlern beider Prototype. Dort wurde gefunden:

$$Pr\ 36 = 1\ \text{kg} + 0{,}157\ \text{mg} \quad (1888,\ \text{letzte Bestimmung des Norwegischen Prototyps})$$
$$Pr\ 22 = 1\ \text{kg} - 0{,}021\ \text{mg} \quad (1936),\ \text{demnach}$$
$$Pr\ 36 - Pr\ 22 = \quad + 0{,}178\ \text{mg}.$$

103. Vergleichung der Norwegischen Normalkilogramme mit dem Norwegischen Urkilogramm Nr. 36. (G. Langbein, B. Lenk.) Von Ende April bis Anfang August war der Direktor des Norwegischen Eichwesens, Herr Dr. Falk, hier, um die norwegischen Hauptnormalgewichte mit höchster erreichbarer Genauigkeit mit dem Norwegischen Urkilogramm Nr. 36 vergleichen zu lassen. Bei der Durchführung der dazu nötigen Wägungen war Dr. Falk anwesend.

Das bisher beste Norwegische Hauptnormal, hergestellt 1823 von Fortin, Paris, aus vergoldetem Messing mit eingeschraubtem Knopfe, entspricht hinsichtlich Unveränderlichkeit und Zuverlässigkeit nicht den jetzigen Anforderungen an beste Gewichtsstücke[1]). Daher wurde es auf Vorschlag des Laboratoriums durch ein 1931 von Dr. Falk für sein Institut angeschafftes 1 kg-Stück aus dreimal vernickeltem Messing (Hersteller Sauter, Ebingen) ersetzt. — Der Raumgehalt dieses „kg Sauter" wurde zunächst durch Wasserwägung ermittelt und dann der Massenwert nach einem Monat und nochmals nach einem Monat an das Norwegische Prototyp Nr. 36 und an unsere besten Messingkilogramme *St* und 9 angeschlossen.

Das „kg Fortin" und ein weiteres „kg Sauter 1" (vernickeltes Messing) wurden mit *Pr* 36, mit *St* und 9 verglichen.

104. Bestimmung von Normalgewichtssätzen. (G. Langbein, B. Lenk.) Die Kilogramme *W* und 7 wurden an *St* und 9 angeschlossen. Die Stücke 500 g bis 1 g der Sätze *W* und 7 wurden durch „Ausgleichung in sich" durch Anschluß an ihre Kilogrammstücke neu bestimmt. Mit der Neubestimmung der Milligrammstücke ist begonnen worden.

Von den Arbeitssätzen *Ö*, 1, 5 und 32 sind die Kilogramm- und 500-Grammstücke durch stückweise Vergleichung mit den Gewichten gleichen Sollwertes der Sätze *W* und 7 bestimmt worden.

Als Normalsatz ersten Ranges soll ein Satz von je einem Stück zu 1000, 500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1 g aus im Vakuum geschmolzenem Contrazid dienen. Der Werkstoff wurde von der Vakuumschmelze Heraeus, zum Teil als Sonderanfertigung, beschafft; die Bearbeitung erfolgte durch Bunge, Hamburg. Die Stücke haben sämtlich die Form gerader Kreiszylinder. Die vorläufige Bestimmung hat ergeben, daß die geforderte positive enge Fehlergrenze eingehalten war. Die Feinjustierung wird nach der Raumgehaltsbestimmung mittels Wasserwägung im Laboratorium selbst ausgeführt werden.

105. Waagen mit einer Einspielungslage. (P. Schönherr, K. Blum.) Die Umstellung in der Industrie auf Fuhrwerks- und Gleiswaagen ohne Entlastungsvorrichtung hat sich in großem Umfange weiter ausgewirkt. 2 Bauarten derartiger Fuhrwerkswaagen wurden endgültig zugelassen und in den Mitteilungen veröffentlicht, 10 Bauarten kamen neu zur Erprobung. An dieser Entwicklung im Gleiswaagenbau sind zur Zeit 10 Firmen beteiligt. In Zusammenarbeit mit dem Reichsbahn-Zentralamt wurden an 6 Gleiswaagen verschiedener Bauart gemeinsame Untersuchungen vorgenommen. Das dabei erprobte Prüfungsverfahren ist in den „Richtlinien für das Erprobungsverfahren von Gleiswaagen mit Gleisunterbrechung ohne Entlastungsvorrichtung" veröffentlicht worden. Für die dem Reichs-Kraftwagen-Betriebsverband obliegenden Aufgaben erwies es sich als erforderlich, an Stelle von Fuhrwerkswaagen versuchsweise Waagen zuzulassen, deren Brücke nur zur Aufnahme einer Achse (Doppelachse) ausreicht. Um ein einwandfreies Wägungsergebnis zu erzielen, kommt es hierbei auch auf die gute Beschaffenheit einer hinreichend langen Zu- und Abfahrtstrecke und deren Ausrichtung zur Brückenoberfläche der belasteten Waage an. — Infolge Einbeziehung der Personenwaagen in die Eichpflicht wurden 10 Säuglingswaagen zum Teil älterer, nichteichfähiger Bauart zur Untersuchung eingereicht. Zur Vermeidung von Umkonstruktionen an sich gut befundener Waagen wurden entgegenstehende Bestimmungen hinsichtlich der Hebelstärken und der Pendelfähigkeit der Brücke durch einen Instruktionszusatz geändert. — Bei der Eichung von Kohlenkippwaagen mit drehbarer Mulde hatte sich gezeigt, daß bei unsachgemäßer Lagerung der Mulde Falschwägungen eintreten können. Besondere Prüfungsbestimmungen zur Beseitigung des Mißstandes wurden vorbereitet. — Andere Untersuchungen, Entscheidungen und

1) Der Fehler des „kg Fortin" hatte betragen: + 4,78 mg (1873), + 2,67 mg (1883), + 2,15 mg (1891), + 2,16 mg (1907), + 1,50 mg (1934); — hier wurde gefunden + 1,51 mg (vgl. mit „*Pr* 36"), + 1,55 mg (mit „St") und + 1,55 mg (mit „9").

Veröffentlichungen betrafen Schaltgewichtswaagen mit Sicherheitsdruckwerk, Schaltgewichtswaagen als Präzisionswaagen, Waagen mit zusätzlicher Zählvorrichtung, Waagen zur Feststellung des Stärkegehalts von Kartoffeln, Waagen mit zusätzlicher Gewichtsanzeigevorrichtung, Brückenwaagen der Bauart *A* zur Verwägung von sperrigem Wägegut, Laufgewichtsbalken mit Datumpresse sowie die Befestigung von Flachschneiden.

106. **Waagen mit Neigungsgewichtseinrichtung.** (E. Kornatz, H. Johannsen.) Es wurden 41 Bauarten bzw. Nebeneinrichtungen probeweise zur Eichung zugelassen. Die mit dem Verschluß der Waagen mit Neigungsgewichtseinrichtung zusammenhängenden Änderungen der Eichordnung und Instruktion wurden veröffentlicht und in Kraft gesetzt.

107. **Vorschriften für Waagen zum selbsttätigen Abwägen von Füllgut.** (P. Schönherr.) Der in Frage kommende Abschnitt der Eichordnung wurde neu bearbeitet.

108. **Systemprüfungen an selbsttätigen Waagen und Zählwaagen.** (E. Kornatz, K. Blum, H. Johannsen.) 12 Bauarten von Waagen zum selbsttätigen Abwägen von Füllgut sowie eine selbsttätige Laufgewichtswaage wurden probeweise, 3 Bauarten der ersten Art wurden endgültig zur Eichung zugelassen. Mehrere Probeeichungen und Nachprüfungen in Groß-Berlin wurden unter Teilnahme der Reichsanstalt ausgeführt; 1 selbsttätige Waage für zähflüssiges Füllgut mit Einrichtung zur selbsttätigen Ermittlung des Nettogewichts unabhängig vom Rückstand des Füllgutes wurde in der Fabrik, eine selbsttätige Packmaschine für Zement am Aufstellungsort untersucht. 9 Bauarten von Zählwaagen wurden probeweise zur Eichung zugelassen.

109. **Eiersortiermaschinen.** (E. Kornatz, H. Johannsen.) 4 Bauarten wurden probeweise zur Eichung zugelassen. Für die Prüfung der Eiersortiermaschinen, die mit dem 1. April 1938 der Eichung zugeführt werden sollen, wurden die Prüfungsvorschriften ausgearbeitet sowie eiförmige Prüfungsnormale aus Kunstharz ausgebildet und zur Beglaubigung zugelassen.

110. **Abfüllmaschinen.** (P. Schönherr.) Für die Prüfung von Abfüllmaschinen wurde aus besonderem Anlaß eine Anweisung ausgearbeitet und danach eine im Verkehr befindliche ältere Maschine untersucht. Es bot sich Gelegenheit, die für verschiedene Zwecke entwickelten Bauarten einer Herstellerfirma in der Fabrik zu besichtigen und die weitere eichtechnische Behandlung der Abfüllmaschinen einzuleiten.

111. **Untersuchung über Drehgelenke an Waagen.** (H. Johannsen.) Die Untersuchungen über Schneiden und Pfannen, die im Jahre 1936 begonnen werden konnten, wurden fortgesetzt.

112. **Normung.** (P. Schönherr.) 4 Normblätter (Holz für den Waagenbau, Wiegekarten, Stempelplättchen, Gewichtsschalen für Dezimalwaagen) wurden fertiggestellt und vom Deutschen Normenausschuß veröffentlicht.

113. **Getreideprober.** (B. Lenk, H.-P. v. Walter.) Ein neuer Entwurf der Eichordnung für Getreideprober wurde fertiggestellt. Im Anschluß daran wurden geeignete Meßgeräte für die Abmessungen der Getreideprober entworfen. Die Durchführung der verschärften Anforderungen im Getreideprobereichwesen wurde vorbereitet.

Der Raumgehalt und die Abmessungen der Normale zu 1 Liter und zu $^1/_4$ Liter wurden berichtigt und mit ihnen vorläufige Anschlußschüttungen an das 20-Liter-Normal ausgeführt.

Für die Waage der Literprober und der Viertelliterprober wurde einem Hersteller eine neue Ausführungsform des Gehänges (Öse mit Haken) probeweise zugelassen; die endgültige Zulassung steht bevor. Außerdem wurde probeweise zugelassen, daß die Gewichtsschale als gestielte Scheibe ausgebildet wird.

Die probeweise Zulassung des im Vorjahre geprüften selbsttätig arbeitenden Getreideprobers zur laufenden Bestimmung des Gütegewichtes in Mühlen wurde zurückgezogen; eine daraufhin geänderte Ausführungsform befindet sich noch in der Entwicklung.

114. **Eichvorschriften und Instruktionen für Meßgeräte zur Gehaltsermittlung.** (B. Hartmann, W. Hoffmann.) Die Arbeiten, die durch das Maß- und Gewichtsgesetz vom 13. Dezember 1935 bedingt sind, wurden fortgeführt. Vorläufige Eichvorschriften für Butyrometer nebst Hilfsgeräten für die Milchfettbestimmung wurden abgefaßt. Die Eichvorschriften für Aräometer und chemische Meßgeräte wurden neu entworfen.

115. **Zulassung von Meßgeräten.** (B. Hartmann, W. Hoffmann.) Eine Anzahl Geräte für die Abmessung von Milch und Chemikalien für die Milchfettbestimmung wurde auf Eichfähigkeit geprüft.

116. **Feststellung der Grundlage der Butyrometerskale.** (B. Hartmann, W. Hoffmann.) Die Arbeiten über die Grundlage der Butyrometerskale wurden fortgesetzt und erheblich weiter

ausgedehnt. Es muß auch die Genauigkeit des bisher als Standardverfahren anerkannten Verfahrens nach Röse-Gottlieb nachgeprüft werden.

117. **Untersuchungen über Dichte und Oberflächenspannung.** (B. Hartmann, W. Hoffmann.) Eine Reihe von Flüssigkeiten (Öle und Austauschstoffe für Glyzerin usw.) wurde auf Dichte und Oberflächenspannung untersucht teils auf Antrag der Zollbehörde, teils zur Feststellung der Eichfähigkeit von Aräometern.

118. **Prüfung von Aräometernormalen.** (B. Hartmann, W. Hoffmann.) Gelegentlich der Prüfung eines Satzes Aräometernormale für Polen wurden auch mehrere Normale für die Reichsanstalt neu bestimmt.

119. **Neukonstruktion von Apparaten.** (B. Hartmann, W. Hoffmann.) Für die Massenprüfung von Butyrometern werden neue Apparate gebraucht. Ein Apparat, der eine sehr schnelle und sichere Prüfung von Butyrometern gestattet, wurde im Laboratorium entworfen und ist zur Zeit im Bau.

120. **Normung.** (B. Hartmann, W. Hoffmann.) Die Normungsarbeiten wurden in Verbindung mit der Industrie und der Dechema weitergeführt.

121. **Entwicklung der eigenen Versuchs- und Prüfeinrichtungen für Gasmesser.** (H. Weymann, E. Mentzel, K.-J. Umpfenbach, H. Quest.) Nach Bewilligung entsprechender Mittel konnte die Versuchsanlage für Prüfung von Großgasmessern weiter vervollständigt werden durch Beschaffung verschiedener Wirkdruckmesser und der zur Prüfung und Benutzung größerer Blenden und Düsen erforderlichen Leitungsrohre, Absperrschieber u. dgl., ferner durch Bestellung der wichtigsten Teile von Apparaturen, die zur Bestimmung größerer Gasmesser durch Wägung einer vom Prüfgas verdrängten Wassermenge dienen sollen (Hochbehälter, Waagen), sowie einer genügend leistungsfähigen Bewetterungsanlage für das Prüfgas.

Die Auswertung der im Vorjahre angestellten Versuchsprüfungen eines Satzes kleiner Blenden (Rohrdurchmesser 100 mm) hat ergeben, daß der Beiwert von Blenden solcher Abmessungen nicht sicher genug ist, um als Grundlage für die Prüfung von Gebrauchsnormalgasmessern herangezogen werden zu können.

122. **Zulassung neuer oder abgeänderter Bauarten, Größen oder Anbauteile für eichfähige Gasmesser sowie von Normalen für die Eichung von Gasmessern (Systemprüfungen).** (H. Weymann, E. Mentzel, K.-J. Umpfenbach, H. Quest.) Das Laboratorium war, wie sonst, mit der Erledigung einer größeren Anzahl von Zulassungsanträgen beschäftigt, darunter auch solchen, die die Anwendung im Gasmesserbau bisher noch nicht gebräuchlicher Werkstoffe zur Herstellung eichfähiger Gasmesser betrafen (Stoffmembranen für Balgen, Graphitsohlen für Schieber, Kunststoff für Zählrollen, Farbstempel zwecks Ersparnis von Stempelmetall). Hervorgehoben sei die Probezulassung eines in Verbund mit einem Crosley-Gasmesser geschalteten Drehkolbengasmessers (Verbundgasmesser). Ferner wurden in vier Fällen Eichanlagen für die Prüfung größerer Gasmesser auf ihre Zuverlässigkeit begutachtet.

Außerhalb des Rahmens eines Zulassungsverfahrens wurde auf Anregung einer Firma ein Gasmesser neuer Gattung untersucht mit dem Ziel, einige für eine etwaige Zulassung von Gasmessern dieser Gattung zur Eichung wichtige Vorfragen zu klären. Auch wurden in einem Falle Prinzipskizzen für einen Mengenumwerter begutachtet.

123. **Vorschriften für eichfähige Gasmesser.** (H. Weymann, E. Mentzel, K.-J. Umpfenbach, H. Quest.) Der Entwurf der die Verdrängungsgasmesser betreffenden Eichordnungsvorschriften wurde im Hinblick auf Anregungen der Eichaufsichtsbehörden und der Gasmesserfabriken überarbeitet und wird, in verschiedenen Punkten abgeändert, auf Wunsch der Eichaufsichtsbehörden diesen noch einmal vorgelegt werden. Der Entwurf der zugehörigen Instruktionsbestimmungen wurde fertiggestellt, muß aber, bevor er den Eichaufsichtsbehörden und den sonst Beteiligten zur Äußerung zugeht, wegen verschiedener offengebliebener Fragen noch einmal überholt werden.

Der vorjährige Entwurf von Eichordnungsvorschriften für Strömungsgasmesser wurde unter weitgehender Berücksichtigung aus der Industrie stammender Änderungsvorschläge den beteiligten Kreisen ein zweites Mal zur Begutachtung zugeleitet. Er ist dann in Form einer Ergänzung der geltenden Eichordnung veröffentlicht worden. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 66.)

Für die Zulassung von Flügelradgasmessern zur Eichung wurden vorläufige Richtlinien aufgestellt.

124. Prüftätigkeit der Abteilung I.

Laboratorien für Längenmaße

5	(20)	Kryptonröhren,
2	(0)	Heliumröhren,
0	(2)	Polarisationsröhren,
455	(474)	rechtwinklige Endmaße aus Stahl,
12	(0)	zylindrische Endmaße aus Stahl,
6	(0)	Drehkörper aus Stahl,
0	(13)	Einstellmaße aus Stahl,
142	(120)	Endmeter aus Stahl,
3	(3)	Strichmeter ersten Ranges mit Ausdehnungsbestimmung,
7	(10)	Strichmeter geringerer Güte,
0	(2)	Strichmaße ersten Ranges über 1 m mit Ausdehnungsbestimmung,
0	(3)	Strichmaße geringerer Güte über 1 m,
3	(0)	Strichmaße ersten Ranges unter 1 m,
2	(1)	Strichmaße geringerer Güte unter 1 m,
0	(7)	Jäderindrähte,
9	(7)	Bandmaße,
1	(2)	Objektmikrometer,
1	(1)	Trägheitszylinder,
1	(0)	Ablenkschiene,
0	(2)	Schwingungsringe,
1	(3)	Preßform aus Stahl,
50	(18)	Prüfstäbe aus Preßstoffen,
2	(1)	Ausdehnungsbestimmungen an Stahlbändern,
7	(0)	Prüfungshilfsmittel für Getreideprober,
52	(63)	Meßgeräte verschiedener Art für die Schiffsvermessung,
40	(20)	Meßgeräte verschiedener Art für die Zollverwaltung.

Laboratorium für Meßgeräte für Längen- und Flächenmessung

4	(0)	Meßbänder aus Leinenstoff mit Drahteinlage von je 50 m Länge als Prüfmittel für Stoffmeßmaschinen,
3	(3)	Garnweifen,
13	(37)	Stoppuhren,
11	(24)	Meßbänder aus Stahl von 20 m Länge,
7	(38)	Zählwerke zur Ermittlung der Wegdrehzahl,
2	(0)	Planimeter (Eichung),
0	(2)	Kontrollineale für Präzisions-Kompensationsplanimeter,
3	(0)	Satz Werknormalflächen von unterschiedlicher Dicke für die auf Grund der Übergangsbestimmungen auszuführende Eichung von Ledermeßmaschinen der Sawyer-Bauarten.

Laboratorium für Flüssigkeitsmeßgeräte

12	(6)	Wassermesser,
181	(210)	Scheibenmesser für dünnflüssige Mineralöle,
8	(0)	Scheibenmesser für Schmieröle,
1	(3)	Scheibenmesser für Alkohol,
14	(8)	Scheibenmesser für Milch,
8	(0)	Ringkolbenmesser für dünnflüssige Mineralöle,
5	(5)	Ringkolbenmesser für Schmieröle,
4	(0)	Ringkolbenmesser für Milch,
1	(1)	Trommelmesser für Alkohol,
6	(3)	Lagertanks für Mineralöle (zu 500, 1100, 1100, 3000, 5000 und 5000 cbm),

Laboratorium für Wägungen und Gewichtseichung

67 (58) Sätze analytischer Gewichte,
6 (6) Einzelgewichte,
2 (6) Sätze Normale für andere Laboratorien der Reichsanstalt.
3 (0) Kilogrammstücke mit höchster Genauigkeit (Hauptnormale für Norwegen),
2 (0) Einzelgewichte mit erhöhter Genauigkeit (Fabriknormale),
3 (0) Sätze Anhängegewichte (Normale für Torsionswaagen von Glühfädenfabriken),
28 (0) Gewichtsplatten (Prüfung und Berichtigung für das Staatliche Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem),
9 (0) Schaltgewichte für eine Waage der Staatlichen Münze zu Berlin (geprüft und berichtigt),
2 (0) Schaltgewichte,
3 (0) eiserne Gewichte als Fabriknormale,
3 (1) Sätze Belastungsgewichte für Aräometer,
1 (1) Trägheitszylinder,
35 (23) Garngewichtssätze,
14 (5) Garnwaagen.

Laboratorium für Waagen

7 (5) Meßkeile für die Prüfung von Gleiswaagen ohne Gleisunterbrechung,
14 (30) Achsdruckmesser zum Polizeigebrauch,
449 (0) Härteprüfstäbe.

Laboratorium für Getreideprober

5 (7) Zwanzigliterprober, Nacheichung am Aufstellungsort,
6 (6) Literprober und Viertelliterprober als Normale für deutsche Eichbehörden,
1 (0) Viertelliterprober für eine ausländische Aufsichtsbehörde.

Laboratorien für Aräometrie und für Meßgeräte für wissenschaftliche und technische Untersuchungen

335 (409) Aräometer,
229 (93) andere Geräte.

Laboratorium für Gasmesser

1 (0) Verbundgasmesser (Eichung),
22 (21) Mengenumwerter (Eichung),
2 (0) Mengenumwerter (Befundprüfung),
1 (0) Meßblende (Prüfung ohne Beglaubigung).

Abteilung II (Elektrizität und Magnetismus)

125. Internationale Vergleichungen der Normalen der elektrischen Einheiten. (H. v. Steinwehr.) Im Dezember 1936 und im Januar 1937 wurden im Bureau international des poids et mesures internationale Vergleichungen der elektrischen Einheiten der verschiedenen Länder durch Messungen an Normalwiderständen von 1 Ohm und an Normalelementen ausgeführt, die als Unterlage für die Arbeiten der im Sommer desselben Jahres abgehaltenen Konferenzen dienen sollten. Während die Widerstände, wie bei den bereits früher durchgeführten Vergleichungen durch den diplomatischen Kurier übersandt wurden, erschien diese Art des Transports für Normalelemente in Rücksicht auf den besonderen Zweck nicht sicher genug, da dieselben durch unvorsichtige Behandlung leichter Schädigungen ausgesetzt sind als die Widerstände. Die deutschen Elemente wurden deshalb von dem Assistenten des Bureau international Roux am 12. Januar 1937 hier abgeholt und am 16. Februar 1937 durch Prof. v. Steinwehr wieder hierher zurückgebracht. Die Ergebnisse dieser Messungen führten zu den in der folgenden Zahlentafel mitgeteilten Werten für die gegenseitigen Beziehungen der Einheiten der Länder. Daß die positiven und die negativen Werte der Abweichungen einander nicht aufheben, rührt daher, daß das Bureau nicht die Abweichungen vom Mittelwerte der vorliegenden Messungen gegeben hat, sondern von dem 1935 gefundenen Mittelwerte der sechs Länder (ohne Frankreich). Nachdem inzwischen sowohl Frankreich wie die USSR.

die Werte ihrer Einheiten dem Mittelwert von 1935 angepaßt haben, konnten nur durch Bezugnahme auf den damaligen Mittelwert mit den früher ermittelten vergleichbare Zahlen erhalten werden.

Abweichungen in Milliontel

Land	Institut	Internationale Ohm	Internationale Volt
Deutschland	PTR	+ 6,6	− 7,3
Vereinigte Staaten	NBS	− 3,7	− 9,3
Frankreich	LCE	+ 0,9	+ 0,7
Großbritannien	NPL	− 3,9	+ 7,6
Japan	ETL	− 10,0	+ 0,7
USSR	JM	− 0,4	− 5,5

Die elektrischen Einheiten der verschiedenen Länder befinden sich hiernach wie bisher in ausgezeichneter Übereinstimmung.

Für das National Research Institute of Physics in Schanghai, dessen Aufgabe es ist, in China die elektrischen Einheiten einzuführen, wurden Normalwiderstände und Normalelemente und für das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien Normalelemente mit den Normalen der Reichsanstalt verglichen.

126. Internationale Verhandlungen über die Einführung der absoluten elektrischen Einheiten. (H. v. Steinwehr.) In Paris fanden im Berichtsjahre vom 1.—8. Juni Tagungen des technischen Unterkomitees für Elektrizität und vom 10.—12. Juni des beratenden elektrischen Komitees statt. Aufgabe des ersteren Komitees war es, aus den bereits vorliegenden Ergebnissen der Arbeiten, die in den verschiedenen Staatslaboratorien über das absolute Ohm und das absolute Ampere ausgeführt werden und größtenteils, insbesondere beim Ampere, noch zu keinen endgültigen Ergebnissen geführt haben, vorläufige Werte für die Beziehungen zwischen den absoluten und den zur Zeit noch im allgemeinen Gebrauch befindlichen internationalen elektrischen Einheiten abzuleiten. Der Zweck der Festsetzung dieser vorläufigen Werte besteht, wie ausdrücklich festgetellt wurde, nicht darin, schon jetzt zahlenmäßige Unterlagen für die im Jahre 1940 in Kraft zu setzenden neuen Gesetze über die elektrischen Einheiten zu geben, diese Werte sollen vielmehr nur zur Orientierung für die Hersteller von elektrischen Präzisionsapparaten dienen. Mit dieser Einschränkung wurde beschlossen, daß zu setzen ist:

1 mittleres internationales Ohm = 1,00048 abs. Ohm, und
1 mittleres internationales Volt = 1,00036 abs. Volt.

Die Zuverlässigkeit dieser Werte wird von dem technischen Komitee auf einige Einheiten der letzten Stelle geschätzt.

Das beratende Komitee stimmte diesen Vorschlägen des technischen Komitees zu, die dann in der darauffolgenden Tagung des internationalen Maß- und Gewichtskomitees angenommen wurden.

127. Stromwaage. (H. v. Steinwehr, W. Gremmer.) Unter Verwendung des im Jahre 1936 fertiggestellten zweiten Satzes von Spulen, die mit emailliertem und mit seideumsponnenem Kupferband bewickelt waren, wurden mehrere Reihen von Messungen des Radienverhältnisses derselben sowie Bestimmungen des Verhältnisses des internationalen zum absoluten Ampere mit der Stromwaage ausgeführt. Es zeigte sich, daß es auch bei diesen Spulen nicht möglich war, die von der Größe des Wicklungsraumes herrührende Korrektion mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln, so daß für die Tagung des beratenden elektrischen Komitees im Juni des Berichtsjahres ein vorläufiger Wert für dieses Verhältnis nicht gegeben werden konnte. Eine genaue Bestimmung der Dimensionen des Wicklungsraumes ist nur bei einer aus eloxiertem Aluminiumband hergestellten Wicklung möglich, das bisher in Deutschland nicht zu beschaffen war. Nachdem das Bureau of Standards in entgegenkommender Weise eloxiertes Aluminiumband angeboten und im Oktober des Berichtsjahres übersandt hatte, wurden zwei bewegliche Spulen, bei denen die Korrektion hauptsächlich ins Gewicht fällt, damit bewickelt und sollen nunmehr bei den Messungen verwendet werden.

128. Widerstandsnormale. (H. v. Steinwehr.) Die zuletzt im Jahre 1934 ausgeführte Vergleichung der Manganinnormalen und der Anschluß der Gebrauchsnormalen an die Widerstandseinheit der Reichsanstalt wurden unter Hinzunahme einiger neuer Widerstände mit dem gleich guten Ergebnis wie in den früheren Jahren wiederholt.

129. Widerstandswerkstoffe für Präzisionswiderstände. (A. Schulze.) Die Untersuchungen, die die Herstellung und Verbesserung von Widerstandswerkstoffen für Präzisionswiderstände zwecks

einer größeren Sicherstellung der elektrischen Widerstandseinheit zum Ziele haben, wurden fortgesetzt. Zunächst wurden die Quarz-Quecksilberkopien von je 0,5 Ohm laufend beobachtet; ebenso die aus den Gold-Chromlegierungen (mit rund 2 v. H. Chrom) hergestellten 1-Ohm-Widerstände, deren Temperaturkoeffizienten im allgemeinen zwischen -1 und $+1$ Milliontel liegen. Einige 10-Ohm-Widerstände aus derselben Gold-Chromlegierung wurden neu hergestellt und zeigen während der bisherigen Beobachtungszeit ebenfalls ein befriedigendes Verhalten.

Eingehend ist das Manganin auf sein elektrisches Verhalten nach verschiedener thermischer Behandlung untersucht worden. Hiernach tritt ein Optimum in seinem elektrischen Verhalten ein, wenn es etwa bei 400° C gealtert wird. Die auf solche Weise sich ergebenden Widerstandstemperaturkoeffizienten sind erheblich kleiner als nach dem bisher üblichen Alterungsverfahren und betragen nur wenige Milliontel. Um einen Einblick in die hierbei sich abspielenden Vorgänge zu erhalten, wurde das Manganin nach metallkundlichen Gesichtspunkten eingehend untersucht. Die Arbeit ist bereits veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 81.)

Nach dem hier angegebenen Verfahren wurde eine große Reihe von 1-Ohm- und 10-Ohm-Manganinwiderständen hergestellt, wobei sich durchweg die kleinen Temperaturkoeffizienten ergeben haben. Der Widerstandsdraht ist hierbei auf mit Gewinde versehenen Porzellanrollen aufgewickelt und nach der Alterung zum Schutz gegen Oxydation mit einer dünnen Lackschicht bestrichen. Die Widerstände werden bereits 5 Monate laufend beobachtet. Das neue Alterungsverfahren hat den großen Vorteil, daß die anfänglich nach der Fertigstellung auftretenden Widerstandsänderungen in der Größenordnung von nur einigen Millionteln liegen und infolgedessen bald abklingen.

Fernerhin wurde das thermoelektrische Verhalten des Manganins nach Alterung bei verschiedenen Temperaturen untersucht, wobei sich herausstellte, daß es sich nach Alterung bei 400° C nicht wesentlich von dem nach dem bisher üblichen Verfahren gealterten unterschied.

Um eine Stütze für die Erklärung des eigenartigen Verhaltens des Manganins in hohen Temperaturen zu erhalten, wurden seine mechanischen Eigenschaften (Zerreißfestigkeit und Dehnung) bestimmt. Die Kurve der Zerreißfestigkeit in Abhängigkeit von der Alterungstemperatur hat bei etwa 250° C ein ausgesprochenes Minimum, da das Manganin infolge der mechanischen Erholung (bis etwa 250°) an Festigkeit verlieren muß und in den höheren Temperaturen durch die chemische Homogenisierung wieder fester wird.

Als geeigneter Werkstoff für Präzisionswiderstände hat sich das Isabellin, ein aluminiumhaltiges Mangankupfer, herausgestellt. Geeignete thermische Behandlung verflacht die Widerstandstemperaturkurven erheblich und ergibt in der Umgebung der Raumtemperatur Widerstandstemperaturkoeffizienten von 1—3 Milliontel je Grad. Das Isabellin wurde metallkundlich gründlich untersucht. Die sich bei der Alterung abspielenden Vorgänge wirken sich in ähnlicher Weise wie beim Manganin aus. Es sind bereits einige Normalwiderstände mit einem Temperaturkoeffizienten von durchschnittlich 1 Milliontel je Grad hergestellt worden; über die zeitliche Konstanz kann noch nichts ausgesagt werden.

Zur Ermittlung des Einflusses der Luftfeuchtigkeit auf hochohmige Manganinwiderstände wurden fortlaufend Widerstände beobachtet, die nach verschiedenen Verfahren hergestellt waren.

130. **Widerstandswerkstoffe für Heizwiderstände.** (A. Schulze.) Chrom-Eisen-Aluminiumlegierungen verschiedener Zusammensetzung sowie nickelarme Chromnickellegierungen wurden oberhalb 1000° C auf ihre Hitzebeständigkeit untersucht.

131. **Schmelzpunkt von Silizium.** (F. Hoffmann, A. Schulze.) Nach Überwindung erheblicher experimenteller Schwierigkeiten wurden die Messungen zur Bestimmung des Schmelzpunktes von Silizium mit einem Reinheitsgrad von 99,89 v. H. auf optisch-pyrometrischem Wege abgeschlossen. Der Schmelzpunkt wurde bei 1410° C gefunden, wobei die Genauigkeit auf $\pm 2°$ geschätzt ist; er ist in guter Übereinstimmung mit dem auf thermoelektrischem Wege ermittelten. Der Schmelzpunkt von Handelssilizium liegt etwa 2° tiefer. Die Arbeit ist bereits veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 105.)

132. **Das elektrische Verhalten der Manganinferrite** (A. Schulze, W. Gremmer) wurde auf Veranlassung des Präsidenten an einer Reihe von Proben Eisenoxyd-Manganoxyd mit verschiedener Zusammensetzung, die im magnetischen Laboratorium hergestellt waren (siehe Nr. 185c), untersucht. Die von oberhalb 1000° C abgeschreckten Proben, die ferromagnetisch waren, haben bei Raumtemperatur einen außerordentlich hohen elektrischen Widerstand, der mit steigender Temperatur sehr rasch abnimmt und in hohen Temperaturen bereits in die Größenordnung des der Metalle kommt. Außerdem konnte eine große Spannungsabhängigkeit des elektrischen Widerstandes beobachtet werden. Das ganze elektrische Verhalten spricht dafür, daß zwischen den

einzelnen Kristalliten Zwischenschichten vorhanden sind, die das metallische Verhalten der Probe verwischen und ein nichtmetallisches vortäuschen. Diese Vermutung wurde dadurch bestätigt, daß bei der Messung der Spannungsabhängigkeit des Widerstandes an einzelnen Proben der Widerstand von einer bestimmten Spannung an plötzlich um 1 bis 2 Größenordnungen abfiel, was auf ein Durchschlagen der Zwischenschichten hindeutet.

133. **Vergleichung des absoluten und des internationalen Ohms.** (G. Zickner, E. Goens, E. Blechschmidt.) Die Empfindlichkeit der Einrichtung zur absoluten Kapazitätsbestimmung nach Maxwell-Thomson konnte durch ein besonders dieser Einrichtung angepaßtes, nach Angaben der Reichsanstalt gebautes Sondergalvanometer auf den etwa 10-fachen Betrag gesteigert werden.

Zur bequemen Steuerung des zur Kapazitätsmessung benutzten rotierenden Unterbrechers mit verschiedenen Unterbrechungszahlen je Sekunde wurde eine elektrische Untersetzungsstufe gebaut, welche die Normalfrequenz von $F = 1000$ Hz (Quarzuhr) auf $F/2$, $F/3$, $F/4$ usw. zu transformieren gestattet. Dies entspricht sekundlichen Unterbrechungszahlen von $0{,}75\,F/2$, $0{,}75\,F/3$ usw.

Um den Einfluß anderer Unterbrechungsarten kennenzulernen, wurden Versuche unternommen, um den rotierenden Unterbrecher durch einen eigens hierzu hergestellten Stimmgabelunterbrecher zu ersetzen. Über die Art der Kontaktgebung wurden bereits Untersuchungen ausgeführt.

Zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Ganghöhe bei der Herstellung einer einlagigen Selbstinduktionsspule für die absolute Ohmbestimmung wurden weitere Versuche ausgeführt, die zu einer Umkonstruktion der im vorjährigen Bericht (Ziffer 102) erwähnten Kämmvorrichtung führten. Eine frei bewegliche Führung des Kammes durch die Wicklung selbst ergab schließlich eine befriedigende Lösung. Die einzelnen Ganghöhenwerte der so hergestellten Spule weisen Streuungen bis zu einigen Mikron auf. Der über eine größere Anzahl von Windungen erstreckte Ganghöhenmittelwert längs der Spule ist bis auf Bruchteile eines Mikron konstant. Durch Summierung dieser Einzelfehler wird die maximale Abweichung der Drahtachse von einer idealen Schraube gleicher mittlerer Ganghöhe und gleicher Länge etwa 20 μ. Ganghöhen- und Durchmesserbestimmung werden jetzt durch Abteilung I ausgeführt.

Gleichzeitig wurde die Herstellung einer zweiten Spule gleicher Abmessung aus Marmor in Angriff genommen.

Um die Messungen von den bei früheren Arbeiten stark störenden Schwankungen der Zimmertemperatur unabhängig zu machen, wurde der Hauptmeßraum mit einer Temperaturregelvorrichtung versehen. Ein Thermokontakt (Bimetallprinzip) schaltet bei Unterschreitung einer bestimmten, einregelbaren Grenztemperatur über ein Schaltrelais Heizwiderstände sowie einen Ventilator ein, der einen über die Heizwiderstände hinwegstreichenden und dadurch erwärmten Luftstrom in den Meßraum bläst. Bei Erreichung der Grenztemperatur werden Heizung und Ventilator automatisch wieder abgeschaltet. Es gelingt in Verbindung mit einem auf die Warmwasserheizung wirkenden Ventilregler, die Temperatur des Meßraumes auf etwa $\pm 0{,}1°$ C konstant zu halten, solange extreme Außentemperaturen nicht auftreten.

134. **Internationale Kapazitätsvergleichung.** (G. Zickner.) Um die Übereinstimmung der Kapazitätseinheiten in den Staatslaboratorien der verschiedenen Länder zu prüfen, wurden auf Anregung des National Bureau of Standards Kapazitäts- und Verlustwinkelmessungen an einem von diesem Institut übersandten Normalglimmerkondensator von 0,01 bis 0,5 μF Kapazität in 8 Stufen ausgeführt.

Für die Kapazitäten ergab sich innerhalb von wenigen Zehntel ‰ Übereinstimmung mit den vom NBS mitgeteilten Werten. Die Verlustwinkel stimmten, ihrem absoluten Betrage nach, bis auf etwa 1 bis 2×10^{-4} überein. Zur Feststellung der Ursache dieser geringen Differenzen werden derartige internationale Vergleichungen, an denen sich auch das National Physical Laboratory in Teddington sowie das Electro-Technical Laboratory in Tokyo beteiligt haben, fortgesetzt. Hierfür wird in Zukunft auch die Reichsanstalt Kondensatoren zur Verfügung stellen; diese befinden sich gegenwärtig in laufender Beobachtung.

135. **Untersuchung von Seiden.** (G. Zickner, E. Blechschmidt.) Anläßlich eines Prüfungsantrages wurde das dielektrische Verhalten von verschiedenen Seiden zur Umspinnung von Drähten und Litzen (Naturseide, Kunstseide (Kupferseide) Triazetatseide entschlichtet und nicht entschlichtet, mit und ohne Zusatz von Styrol) bei Nieder- und Hochfrequenz (800 Hz und $1{,}2 \times 10^6$ Hz in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft untersucht. Dabei wurden zwei verschiedene Prüfungsverfahren angewendet. Die Messungen erfolgten nach der einen Methode an gerade ausgespannten besponnenen Litzen von etwa 40 cm Länge. Diese Litzen tauchten in ein Gefäß mit Quecksilber ein, wobei die Litze die innere Belegung, das Quecksilber die äußere Belegung und die

Umspinnung das Dielektrikum eines Zylinderkondensators darstellten. Bei der zweiten Methode wurde der dielektrische Verlustfaktor an freitragenden Zylinderspulen mit bifilarer Wicklung gemessen. Die Bifilarwicklung war an beiden Enden offen; sie stellte somit einen Kondensator in Spulenform dar. Die Messungen erfolgten zunächst im Eingangszustand der Drähte, darauf nach etwa 24-stündiger Trocknung und anschließend nach etwa 24-stündiger Lagerung in einem Raum mit 80 v. H. Luftfeuchtigkeit.

Wie zu erwarten, nimmt der Verlustfaktor mit wachsender Feuchtigkeit zu, und zwar bei Niederfrequenz stärker als bei Hochfrequenz. Die größten Verlustfaktoren zeigt Kunstseide, die geringsten nicht entschlichtete Triazetatseide. Styrolzusatz ändert nur wenig an den Werten. Der Feuchtigkeitseinfluß ist bei Kunstseide am stärksten. Im allgemeinen hat die Feuchtigkeit bei den Messungen am Spulenkondensator größeren, beim Quecksilberkondensator geringeren Einfluß. Die an letzterem gemessenen Werte dürften den Materialwerten, die an erstérem gemessenen den Betriebswerten näherkommen.

136. **Dielektrische Eigenschaften von Manganferriten.** (E. Blechschmidt.) Zur Erweiterung der Kenntnisse über die Struktur der Manganferrite wurden auf Anregung des Präsidenten die dielektrischen Verluste von Manganferriten mit einem Eisengehalt von etwa 40 v. H. und weniger im elektrischen Wechselfeld sowie die Frequenzabhängigkeit dieser Verluste untersucht. Die Versuche wurden bei Niederfrequenz mit Hilfe einer Kapazitätsmeßbrücke nach dem Scheringschen Prinzip ausgeführt, bei Hochfrequenz mit einer Resonanzbrücke sowie im Schwingungskreis. Die untersuchten Manganferrite besitzen für dielektrische Messungen eine verhältnismäßig große Leitfähigkeit. Es ergaben sich, soweit man bei derartigen Materialien noch die Bezeichnungen Verlustfaktor bzw. Dielektrizitätskonstante gebrauchen darf, bei einer Frequenz von 800 Hz sehr große Verlustfaktoren (bis zu tang $\delta = 20$), mit zunehmender Frequenz wurden sie bis zu Frequenzen von etwa 10^8 Hz um mehrere Zehnerpotenzen kleiner, gleichzeitig nahm die Dielektrizitätskonstante von 800 bis 10^8 Hz auf weniger als die Hälfte ihres Wertes bei 800 Hz ab. Dieses Verhalten ist qualitativ das gleiche wie das von Isoliermaterialien, in die fein verteilte Leiter in großer Menge eingebettet sind, wie an einer größeren Zahl von künstlichen Mischkörpern aus Graphit- bzw. Kupferpulver und Paraffin sowie an einer Platte aus feinstem, mit einem Isoliermittel getränktem Eisenpulver gezeigt werden konnte. Je größer der Anteil der leitenden Substanz in dem Mischkörper ist, um so größer ist (besonders ausgeprägt bei Niederfrequenz) der dielektrische Verlustfaktor und auch die Dielektrizitätskonstante, die beide mit der Frequenz stark abnehmen. Es liegt somit der Schluß nahe, daß die untersuchten Manganferrite eine ähnliche Struktur aufweisen, also leitende Bestandteile enthalten, die durch isolierende Schichten voneinander getrennt sind.

137. **Eisenverluste bei Hochfrequenz.** (E. Blechschmidt.) Aus Anlaß eines Prüfungsantrages wurden die Wattverluste von Eisenproben in Abhängigkeit von der Frequenz bis zu Frequenzen von 25000 Hz und in Abhängigkeit von der Maximalinduktion bis zu $\mathfrak{B}_{max} = 3000$ CGS bestimmt. Die Proben bestanden aus 2 cm breiten Eisenringen von etwa 9 cm mittlerem Durchmesser und etwa 0,01 cm Dicke. Aus einer Anzahl dieser Ringe wurde ein Paket hergestellt und gleichmäßig mit isolierter Kupferlitze bewickelt. Die so erhaltenen Eisenspulen wurden als Selbstinduktion in Reihe mit einer Kapazität in den Resonanzzweig einer von einem Röhrensender gespeisten Resonanzbrücke geschaltet. Gemessen wurde bei abgeglichener Brücke die Resonanzspannung E an der Probespule, der Strom J durch die Spule, die Resonanzkapazität C, die Resonanzfrequenz f bzw. ω und die Widerstandserhöhung ΔR der Probe. Aus Eisenquerschnitt, Windungszahl, Frequenz und Resonanzspannung ergibt sich die jeweilige Maximalinduktion. Die Verlustleistung A kann aus der Bezeichnung $A = J^2 \cdot \Delta R$ oder aus $A = E \cdot J \cdot \sin \delta$ berechnet werden, wobei sich δ ergibt aus tang $\delta = \Delta R/\omega L = \omega C \Delta R$. Die Verluste in der Wicklung des Probekörpers sind gegen die Eisenverluste meistens zu vernachlässigen.

138. **Quarzuhren.** (A. Scheibe, U. Adelsberger.) *a) Gangverhalten.* Die beiden im Januar bzw. Februar 1932 in Dauerbetrieb genommenen Quarzuhren I und II wurden im Laufe dieses Berichtsjahres außer Betrieb gesetzt, da sie infolge ihrer größeren Temperaturkoeffizienten den anderen Quarzuhren im langzeitigen Betrieb doch unterlegen sind. Die Steuerquarze und die in den Steuersendern eingesetzten Röhren *RE* 134 sind damit etwa 51000 Stunden im Dauerbetrieb gewesen; die in dieser Zeit abgelaufene Schwingungszahl eines jeden Quarzstabes betrug $11 \cdot 10^{12}$.

Die Quarzuhren III und IV sind während des ganzen Jahres im Zeitdienst eingesetzt gewesen. Eine infolge zu hoher Zimmertemperatur im Juni zwecks Kühlung vorgenommene Öffnung der Quarzuhr III führte, wohl durch dabei verursachte Erschütterungen, zu einem ungewollten, unangenehmen Gangsprung von 0,0054 sec und zu einer geringen, auch bis jetzt noch nicht

abgeklungenen Unsicherheit im Gangverlauf. Dagegen hat Quarzuhr IV störungsfrei, wie im Vorjahre, die gleiche Gangkonstanz und die gleiche, geringe mittlere Gangänderung (Akzeleration) gegen die astronomische Zeit im Betrage von etwa $1 \cdot 10^{-6}$ sec/d beibehalten.

Die Quarzuhren V und VI und die neu in Betrieb genommene Quarzuhr VIII dienten weiterhin der Untersuchung der Frage, worauf die stetigen geringen Gangänderungen (Akzeleration) der Quarzuhren (Einlaufen) zurückzuführen sind. Eine eindeutige Klärung, ob die Ursache in einer Alterung des Quarzkristalles, in einer allmählichen Änderung der statischen Eigenschaften des Steuersenders oder in einer Alterung des gesamten Systems zu suchen ist, war bei der Kleinheit der Effekte bisher nicht zu erreichen. Die Dauerversuche bestätigen jedoch, daß es möglich ist, die Zeitdauer des Einlaufens der Quarzuhr durch Wahl bestimmter Betriebsbedingungen zu vermindern. Es gelang bei diesen Versuchen, die bisher noch vorhandene geringe Abhängigkeit des Ganges bzw. der Frequenz von der Anodenspannung völlig zu beseitigen.

Ein- und Ausschaltversuche mit kürzeren und längeren Ruhepausen des Steuerquarzes an der unter Berücksichtigung obiger Ergebnisse entwickelten Quarzuhr VIII blieben erstmalig einflußlos auf die Größe des Ganges; der Einlaufsvorgang war stets nach einigen Stunden bis auf einen Gangfehler von wenigen zehntausendstel Sekunden beendet. Ein kürzlich erfolgter Transport dieser Uhr aus dem IV. Obergeschoß nach dem Quarzuhrenkeller des Gebäudes in der Franklinstraße hat den Gang der Quarzuhr nicht geändert.

Versuche sind im Gange, diese mit der Quarzuhr VIII gewonnenen Erfahrungen an einer vorläufig als Hilfsuhr verwendeten Quarzuhr VII, die aus freigewordenen Einzelapparaten der Uhren I und II und einem Steuerquarz der Orientierung II behelfsmäßig zusammengesetzt worden ist, zu erproben.

Durch Erhöhung der Aufnahmegeschwindigkeit am Drehspulschnellschreiber von 100 auf 300 mm/sec, in Verbindung mit dem Fortschritt im Bau der Quarzuhrensynchronmotoren und ihrer Kontakte, konnte die Meßgenauigkeit der Gangbestimmung nach den astronomischen Zeitsignalen um das 3,6fache gegen das Vorjahr gesteigert werden. Der Aufnahmefehler eines Koinzidenzzeichens beträgt im Mittel $4 \cdot 10^{-4}$ sec, die Einzelschwankung in der Kontaktgabe des Synchronmotors etwa $3 \cdot 10^{-4}$ sec.

b) Zeitdienst. Die Quarzuhren III, IV, über längere Zeiträume dieses Jahres auch V und VI, werden regelmäßig an die astronomische Zeit angeschlossen. Die Auswertung der Quarzuhrengänge ergab für 1936 wie in den Vorjahren einen Kleinstwert des Ganges im März, einen Größtwert im August; ebenso dürfte nach der bisherigen Auswertung das gleiche Ergebnis auch für 1937 zu erwarten sein. Die kurzzeitig auftretenden Schwankungen (Zackenverlauf der astronomischen Zeit) werden von sämtlichen Quarzuhren gleichgroß registriert; in der langzeitigen Gangregistrierung machen sich jedoch geringe individuelle Verschiedenheiten der Quarzuhren bemerkbar. Der in den Jahren 1934 und 1935 in den Monaten Juni/Juli besonders scharf hervorgetretene Ganganstieg ist im Jahre 1936 weniger ausgeprägt. Der Zeitzeichenempfänger wurde auf höhere Verstärkung gebracht und mit Rahmenantenne, hochfrequenten Siebkreisen und tonfrequentem Bandpaß versehen, so daß jetzt auch der Anschluß der Quarzuhren an die Zeitsignale von Rugby und Bordeaux durchgeführt wird.

c) Abgabe von Normalfrequenzen. Die Zahl der Normalfrequenzabnehmer außerhalb der Reichsanstalt hat sich von 6 auf 9 erhöht. Es werden Normalfrequenzen von 250 Hz, 1000 Hz und 60000 Hz abgegeben; letztere über je ein normales doppeladriges Telephonkabel für Hin- und Rückleitung. Weitere Anfragen aus Behörden- und Industrielaboratorien lassen das Bedürfnis nach einer derartigen Abgabe von Normalfrequenzen erkennen.

139. **Leuchtresonatoren als Frequenznormale.** (A. Scheibe, U. Adelsberger.) Nach etwa zweijähriger Unterbrechung wurden 5 als Frequenznormale verwendete Leuchtresonatoren der gebundenen Type erneut durch Anschluß an die Quarzuhren geprüft. Dem absoluten Betrage nach ergaben die Messungen die Frequenzwerte im Mittel bis auf $11 \cdot 10^{-7}$ gleich einem für jeden Leuchtresonator aus 7 Meßwerten seit 1932 gebildeten Frequenzmittelwert. Beispiel: Normalresonator Nr. 681: Frequenzmittelwert aus den 10 Werten der Jahre 1930 und 1931 gleich 60054,99 Hz; Frequenzwert aus den 7 Werten der Jahre 1932–1937 gleich 60054,975 Hz; letzter Frequenzwert am 16. September 1937 gleich 60054,94 Hz. Die Konstanz dieser Normale ist also ausgezeichnet.

140. **Dämpfungsmessungen an 60-kHz-Steuerquarzen.** (A. Scheibe, E. v. Ferroni.) Das logarithmische Dämpfungsdekrement ϑ von 60-kHz-Steuerquarzen, die in den Quarzuhren der Reichsanstalt verwendet werden, wurde aus den elektrischen Ersatzgrößen (Serienschwingungskreis C, L, R mit Parallelkapazität C_0) bestimmt. R und C wurden zu diesem Zweck in einer Hochfrequenz-Differentialmeßbrücke gemessen, und zwar R bei der Serienresonanzfrequenz f_s, C_0 bei

Frequenzen, die jeweils in der Mitte zwischen zwei höheren Eigenfrequenzen des nur in der zweiten Eigenschwingung anregbaren Quarzes lagen. f_s, die Serienresonanz- und f_p, die Parallelresonanzfrequenz wurden durch Abstimmung eines Hilfssenders auf größten bzw. kleinsten Stromwert eines den Steuerquarz enthaltenden Stromkreises und durch Frequenzvergleich mit der Quarzuhr VI ermittelt. Zahlentafel I gibt als Beispiel die Größen der Schaltelemente des elektrischen Ersatzbildes eines 60-kHz-Steuerquarzes und die Resonanzfrequenzwerte an.

Zahlentafel I

$C_0 = 4{,}30\ \mu\mu F$	$f_p = 59\,712{,}40$ Hz
$C = 0{,}00466\ \mu\mu F$	$f_s = 59\,684{,}18$ Hz
$L = 1750$ H	$f_p - f_s = 28{,}22$ Hz

Bei der Messung des Serienwiderstandes ergab sich, daß R und damit auch ϑ sehr stark von der an den Steuerquarz angelegten Spannung abhängig ist. In Zahlentafel II sind für obigen Steuerquarz Werte von R und ϑ für verschiedene Spannungen wiedergegeben. Zwischen 0,5 und 2,5 Volt steigt der Widerstand um 1000 Ohm, das sind rund 37 v. H., an. Die Genauigkeit des Widerstandswertes beträgt etwa $\pm$ 2 v. H., die des logarithmischen Dämpfungsdekrementes $\pm$ 3 v. H.

Zahlentafel II

U_{eff}	Volt	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
R	Ohm	2840	2730	2820	3130	3640	3760	3690	3500	3490
ϑ	10^{-6}	13,6	13,1	13,5	15,0	17,4	18,0	17,7	16,8	16,7

Diese Amplitudenabhängigkeit zeigte nicht bei allen untersuchten Steuerquarzen denselben Verlauf. Sie wird an Hand einer größeren Anzahl von Steuerquarzen noch weiter verfolgt werden.

141. **Frequenzvervielfachung mit Gleichrichter.** (U. Adelsberger.) Die Vervielfachungseinrichtung für hohe Frequenzen (vgl. Nr. 108 des Tätigkeitsberichtes 1936) wurde in ihren wesentlichen Teilen zur Anwendung bei Prüfungen fertiggestellt. Der Erzeugung sehr kurzer Wellen bis 1 m Wellenlänge herab dient hierbei ein neuer Grundfrequenzmeßsender von 50 Watt Leistung, der, von störenden Oberwellen befreit, auf gleichmäßiges Arbeiten im Bereich von 7 bis 11 m eingestellt ist. Eine wichtige Anwendung dieser Vervielfachungseinrichtung ergab sich bei Frequenzmessungen mittels Frequenzteilung. Vorausgesetzt, daß der einzustellende Frequenzteilungsfaktor nicht ganzzahlig ist, kann der Mitnahmebereich verbessert werden, wenn vor Anwendung der Frequenzteilung die zu prüfende Frequenz geeignet vervielfacht wird. Auf diese Weise gelingt es, bei Frequenzmessungen eine weit größere Zahl von Teilungsfaktoren als bisher zu benutzen, wodurch die Meßgenauigkeit erhöht werden kann.

142. **Strommessung bei Hochfrequenz.** (H. Hoyer.) Im Verfolg der unter Nr. 109 des Tätigkeitsberichtes 1936 angegebenen Vorarbeiten (Verz. d. Veröff. Nr. 72) wurde eine Meßapparatur zur Prüfung handelsüblicher Strommesser bei Hochfrequenz fest aufgebaut. Als Stromnormale dienen Wolframeinfadenlampen mit pyrometrischer Ablesung, deren Stromanzeige durch Gleichstrom-Substitutionsmessungen während der Hochfrequenzprüfung kontrollierbar ist. Zur Zeit können mit dieser Anordnung noch Stromstärken bis hinab zur Größenordnung 50 mA bei Frequenzen bis 40 MHz aufwärts gemessen werden. Die bei der Messung im Kurzwellenbereich erforderliche Prüfung der Instrumente auf Nullspannung gegen Erde, die nach der angeführten Veröffentlichung mit kleinen Glühlampen ausgeführt wurde, konnte durch Anwendung eines empfindlichen Diodenspannungsmessers verfeinert werden.

143. **Spannungsmessung bei Hochfrequenz.** (H. Hoyer.) Die Genauigkeit, mit der Spannungsmessungen bei Hochfrequenz ausführbar sind, soll durch Vergleich der Angaben von Diodenvoltmetern und von Kerrzellenspannungsmessern untersucht werden. Zu diesem Zwecke wurde eine Reinigungs- und Destillierapparatur für Kerrflüssigkeiten aufgebaut und in Betrieb genommen, mit deren Hilfe sorgfältig gereinigtes Nitrobenzol in Kerrzellen geeigneter Bauart eingebracht wird. Ebenso ist eine Kerroptik, bei welcher alle Halte- und Einspannvorrichtungen wegen ihrer Verwendung im Hochfrequenzfelde aus Isolierstoffen hergestellt werden, nahezu fertiggestellt.

144. **Abschirmwirkung von Abschirmbechern aus Hartpapier mit Metallüberzügen.** (W. Lampe.) Auf Grund eines Prüfungsantrages wurden Abschirmbecher aus Hartpapier mit Zink- bzw. Aluminiumüberzügen auf ihre Abschirmwirkung geprüft. Zum Vergleich und um die relativen Abschirmfaktoren der Becher feststellen zu können, wurde auch die Abschirmwirkung von zwei entsprechenden Vollaluminiumbechern gemessen. Die Prüfung wurde bei drei über den Rundfunkbereich verteilten Meßfrequenzen ausgeführt. Die Messungen zeigten, daß die Abschirmwirkung der Hartpapierbecher mit Metallüberzügen kleiner ist als die der Vollaluminiumbecher; der Abschirmfaktor der Becher mit Aluminiumüberzug beträgt nur 3 bis 10 v. H. des Abschirmfaktors bei Vollaluminium, der Abschirmfaktor der Becher mit Zinküberzug 11 bis 50 v. H.

145. **Käfigdämpfung bei Hochfrequenz.** (W. Lampe, E. v. Ferroni.) Die Beschreibung der Meßapparaturen und die Ergebnisse der Messungen der Käfigdämpfungen im Hochfrequenzbereich von 130 bis 1600 kHz sind veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 75.)

Die Messungen wurden von 1600 kHz ab nach höheren Frequenzen bis zu 3000 kHz fortgesetzt. Hierbei ergaben sich Schwierigkeiten, da die bei den obigen Untersuchungen verwendete Antenne in dem höheren Frequenzbereich infolge Nachlassens der Sendeenergie längenmäßig nicht mehr ausreichte. Der Sender wurde umgebaut, um die Untersuchungen bei den gleichen Versuchsbedingungen wie früher fortsetzen zu können.

146. **Röhrenbau.** (A. Scheibe, E. W. Helmholz.) Für die einzelnen Hochfrequenzlaboratorien wurden wieder laufend Spezialversuchsröhren hergestellt, unter anderem 115 Magnetronröhren für das Kurzwellenlaboratorium, sowie eine Anzahl Einfadenlampen und 2-Pol-Röhren von besonders kleinen Abmessungen für Strom- und Spannungsmeßzwecke. Einige Magnetronröhren mit Wasserkühlung wurden gebaut, die für die Versuche von der Pumpe abgezogen werden konnten, da sie sich gut entgasen ließen. Da Vorversuche für den Röhrenbau einen weiteren Pumptisch erforderten, wurde eine dritte Hochvakuumpumpapparatur mit einem Ausheizofen aufgestellt. Sämtliche Bestandteile einschließlich Glaspumpe und Ofen konnten im Laboratorium selbst angefertigt werden. Für andere Laboratorien der Reichsanstalt wurden zahlreiche Röhren und Apparate in der eigenen Glasbläserei hergestellt.

147. **Röhrenprüffeld.** (E. W. Helmholz.) Mit den Apparaturen (siehe Nr. 115 des Tätigkeitsberichts 1936) wurde eine Serie von 20 Stück handelsüblicher Rundfunkröhren untersucht. Die Röhren wurden bei konstanter Heiz- und Anodenspannung sowie konstantem Anodenstrom gemessen. Für die Werte von innerem Widerstand, Steilheit und Durchgriff wurde eine Streuung von ungefähr 4 v. H. um einen aus den Einzelwerten gebildeten Mittelwert gefunden. Die absolute Genauigkeit der Meßapparatur, die zu etwa 1 v. H. bestimmt wurde, genügt also bei den in der Praxis auftretenden Streuungen.

148. **Untersuchungen sehr kurzer Wellen (Dezimeter- und Zentimeterwellen).** (K. Kohl, K. Brendel.) Die Versuche, kräftige elektrische Schwingungen bei möglichst kurzen Wellenlängen zu erzielen, wurden fortgesetzt, insbesondere durch Weiterentwicklung von Senderöhren für Magnetronsender. Zum Zwecke der Leistungssteigerung wurde eine größere Anzahl neuer Röhrentypen gebaut (siehe Röhrenbau) und durch Aufnahme der entsprechenden Charakteristiken und Betriebsbedingungen genauer untersucht. Der Wellenbereich konnte zunächst nach unten bis zu einer Wellenlänge von $\lambda = 0{,}66$ cm erweitert werden, ohne daß die Röhren technisch überlastet wurden. Vorversuche mit Röhren mit Wasserkühlung wurden durchgeführt. Eingehend wurde der sog. Rückheizeffekt beim Magnetronsender untersucht. Eine ausführliche Veröffentlichung über die Ergebnisse dieser Röhrenuntersuchungen ist in Vorbereitung.

Zum Zwecke der genauen Vermessung der Wellenlänge der erzeugten Wellen wurden verschiedene Wellenmesser gebaut und untersucht; die günstigsten Ergebnisse konnten mit einem Interferenzwellenmesser nach Art eines Michelsonschen Interferometers erzielt werden. Die weitere konstruktive Durchbildung dieses Wellenmessers wird fortgesetzt.

Der Bau einer vollständigen Übertragungsanordnung einschließlich der Einrichtung einer entsprechenden Versuchsstrecke für Sender- und Empfangsversuche wurde betrieben. Insbesondere wurde mit Vorversuchen über Hochfrequenzimpuls-Modulation und mit Strahl- und Peilversuchen begonnen.

Die Aufgabe der Leistungsmessung bei ultrakurzen Wellen wurde durch Entwicklung geeigneter Kristalldetektoren und Vakuumthermoelemente bearbeitet.

149. **Dosismesserprüfung.** (R. Jaeger.) An den Dosismessereinrichtungen wurden weitere Verbesserungen angebracht mit dem Ziel, das Verfahren möglichst zu mechanisieren.

150. Ionisationsmessungen mit radioaktiven Kompensatoren. (R. Jaeger.) Die üblichen Uranoxydkompensatoren müssen zur Messung größerer Dosisleistungen unangenehm groß dimensioniert werden. Um zu handlicheren Abmessungen zu gelangen, wurde die Konstruktion von Kompensatoren in Angriff genommen, die an Stelle von Uranoxyd mit einem Radiumpräparat nach einem Spritzverfahren der Auer-Gesellschaft belegt werden.

151. Strahlenschutzmessungen in praktischen Röntgenbetrieben. (R. Jaeger.) Um ein Urteil über die Gefahr zu gewinnen, die in der Möglichkeit genetischer Strahlenschädigungen liegt, wurden mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und gemeinsam mit dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie (Dr. Stubbe) mit Hilfe von kleinen Kondensatorkammern an Personen, die in praktischen Röntgenbetrieben beschäftigt waren, Dosismessungen ausgeführt. Bis jetzt wurden drei klinische und zwei technische Betriebe näher untersucht. Über die Ergebnisse wird später im Zusammenhang berichtet werden. Nach der gleichen Methode werden Messungen zur Gewinnung von Unterlagen für die Neufassung der Strahlenschutznormen der Deutschen Röntgen-Gesellschaft (DIN Rönt 2) in klinischen Röntgenbetrieben ausgeführt.

152. Überharte Röntgenstrahlen. (H. Behnken, F. Heidenreich, R. Jaeger.) Durch eigens ausgeführte Messungen wurde festgestellt, daß in den Nachbarräumen der Gammavoltanlage, insbesondere in einem angrenzenden Wohnhause, keinerlei Strahlengefahr besteht. Den überharten Strahlen besonders angepaßte Dosismeßgeräte wurden hergestellt. Messungen über die Röntgenstrahlendurchlässigkeit von Betonplatten wurden in Angriff genommen, um festzustellen, inwieweit zum Strahlenschutz Beton als Ersatz für Blei benutzt werden kann.

153. Verstärkerfolien. *a) Zeichenschärfe.* (H. Behnken, H. Nitka.) Exponiert man einen Röntgenfilm mit einer Verstärkungsfolie hinter einer Bleikante, so vollzieht sich der Übergang vom ungeschwärzten zum geschwärzten Teil des Films nicht unstetig, sondern in einer mehr oder weniger steil verlaufenden Kurve. Es ließ sich ein Auswertungsverfahren für solche Schwärzungskurven angeben, nach welchem die Zeichenschärfe der Folie durch eine einzige Maßzahl in empfindlicher Weise charakterisiert werden kann.

b) Helligkeit. (H. Behnken, H. Korte.) Zur Bestimmung der Fluoreszenzhelligkeit von Verstärkerfolien wurden photometrische und spektrometrische Untersuchungen angestellt.

154. Debye-Scherrer-Aufnahmen an Germanium zwischen 20° abs. und 1100° abs. (H. Nitka.) In zahlreichen Untersuchungen sind die physikalischen Eigenschaften von *Ge*, wie elektrische Leitfähigkeit, Thermokraft, spezifische Wärme, Kompressibilität in Abhängigkeit von der Temperatur, bestimmt worden. Dabei zeigten sich bei jeder der genannten Eigenschaften in bestimmten Temperaturgebieten Unregelmäßigkeiten, die teilweise einer kristallographischen Umwandlung zugeschrieben wurden. Debye-Scherrer-Diagramme zwischen 20° abs. und 1100° abs. beweisen das Fehlen einer allotropen Umwandlung in dem ganzen Temperaturbereich, was im Zusammenhang mit dem anomalen Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit und der spezifischen Wärme diskutiert wurde. Die Ergebnisse sind veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 78.)

155. Untersuchungen über die Umwandlung des Mangans. (H. Nitka, G. Johannsen.) Messungen der thermischen Ausdehnung mit dem Differentialdilatometer deuteten auf den Beginn der α-β-Umwandlung bei etwa 750° C bei steigender Temperatur, bei etwa 660° C bei fallender Temperatur hin. Ähnliche Verhältnisse liegen bei der Messung der elektrischen Leitfähigkeit vor, woraus man schließen kann, daß sich die β-Phase unterkühlen läßt. Dies wird durch Debye-Scherrer-Aufnahmen an abgeschreckten Proben und durch Hochtemperaturaufnahmen bestätigt. Eine Manganprobe, die längere Zeit auf 800° C gehalten war und dann langsam auf 710° C abgekühlt und von dieser Temperatur abgeschreckt wurde, zeigte ein β-Gitter (α-β-Umwandlungspunkt bei 738° C). Die Gitterkonstanten, die den Hochtemperaturaufnahmen entnommen wurden, sind in guter Übereinstimmung mit den thermischen Messungen. Eine verschiedentlich vermutete kubisch-flächenzentrierte Phase, die zwischen 1070° C und 1160° C beständig sein sollte, konnte nicht gefunden werden.

156. Röntgenstrukturuntersuchungen für andere Laboratorien. (H. Nitka.) Für andere Laboratorien der Reichsanstalt wurde eine Anzahl verschiedener Kristallstrukturbestimmungen ausgeführt. Über Manganferrite und über *Pt-Ni*-Legierungen siehe Verz. d. Veröffentl. Nr. 74.

157. Normung. (H. Behnken, R. Jaeger, H. Nitka.) Das Röntgenlaboratorium war an den Arbeiten der Normenstelle der Deutschen Röntgen-Gesellschaft, insbesondere an der Schaffung eines Normenblattes über Dosimetrie und an einer Neubearbeitung des Normenblattes für den Strahlenschutz in medizinischen Röntgenanlagen, wesentlich beteiligt.

158. **Untersuchung eines Gleichstromwandlers.** (L. Mollwo.) Gelegentlich der Untersuchung eines Gleichstromwandlers mit umlaufendem Anker mit der Übersetzung 40000/5 A wurde festgestellt, daß die Wandlerfehler infolge der Wirkung magnetischer Streulinien von der Führung der Hochstromleitung abhängen, und zwar wegen der auftretenden Eisensättigung zunehmend mit stärkerem Strom. Durch passende Wahl der Bürde kann der Einfluß der Einbauverhältnisse weitgehend ausgeglichen werden. Es wurden Verfahren ausgearbeitet, die zweckmäßige Bürde z. B. aus Streuungsmessungen ohne Aufnahme der Fehlerkurve zu bestimmen.

159. **Bestimmung der Gesamtkorrektion bei der Stromwandlerprüfeinrichtung nach Schering und Alberti.** (W. Rump.) Mißt man zunächst, wie üblich, den Fehler eines Normalwandlers im Meßbereich 5/5 A mit dem Primärnormal und schickt bei einer zweiten Messung den Primärstrom direkt über das Sekundärnormal des Teilers, während das Primärnormal über den Normalwandler gespeist wird, so erhält man aus der Differenz der Ablesungen die Normalwandlerfehler, aus der Summe der Ablesungen die Fehler der gesamten Prüfeinrichtung einschließlich des Normales mit einer absoluten Genauigkeit von wenigen Hunderttausendsteln. Die Messung kann mit den entsprechenden Teilereinstellungen auch für größere Normale bis 100 A bei Teilbelastungen durchgeführt werden. Für das Prüfverfahren mit Normalwandler an Stelle des Primärnormals liefert die unmittelbare Speisung des Sekundärnormals die Gesamtfehler in einer einzigen Messung. Für die Meßbereiche größeren Primärstromes muß dabei das Sekundärnormal des Teilers stärker belastet werden. Durch gute Kühlung des Teilers mit Hilfe eines Petroleumbades gelang es bis zu Strömen von 25 A sicher zu messen.

160. **Differentialschaltung hoher Empfindlichkeit für Stromwandlerprüfung.** (L. Mollwo.) Um Normalstromwandler miteinander sehr genau vergleichen zu können, wurde eine Meßeinrichtung nach dem Differentialverfahren aufgebaut, die bei einem Fehlermeßbereich von $\pm 0{,}1$ v. H. und $+10$ Min. die 10-fache Empfindlichkeit und Ablesegenauigkeit hat wie die Stromwandlerprüfeinrichtung nach Schering und Alberti. Es wurde eine neue Form der Differentialschaltung zugrunde gelegt, bei der als Abgleichelemente der Meßzweig und der Kurbelkondensator der Prüfeinrichtung nach Schering und Alberti verwendet werden; dazu tritt noch ein Zusatzgerät mit dem Diagonalwiderstand und einem Spannungsteiler und ein Widerstand von 0,4 Ohm für 5 A. Die Belastung des zu prüfenden Wandlers durch die Meßeinrichtung ist gering und kann vernachlässigt werden.

161. **Messung des Magnetisierungsstromes von Stromwandlern.** (L. Mollwo.) Als Grundlage für die theoretische Verfolgung des Verhaltens eines Stromwandlers bei verschiedenen Betriebszuständen und zur Beurteilung der Güte des verwendeten Eisenkerns ist die Messung des Magnetisierungsstroms erforderlich. Hierzu erwies sich die tragbare Meßwandlerprüfeinrichtung nach dem Differentialverfahren (vgl. Nr. 107 des Tätigkeitsberichtes 1934) als geeignet. Man legt die Sekundärseite des zu untersuchenden Wandlers an die gleichen Klemmen der Prüfeinrichtung, wie bei einer gewöhnlichen Wandlerprüfung, läßt jedoch die Primärseite des Wandlers offen. Schickt man durch die Abgleichelemente der Meßeinrichtung und die an der gewöhnlichen Stelle eingeschaltete Bürde Strom, so liegt am Wandler der Spannungsabfall der Bürde, wobei der Magnetisierungsstrom durch den Diagonalwiderstand fließt. Durch Verstellung der Schleifdrähte wird der Spannungsabfall des Magnetisierungsstroms am Diagonalwiderstand gemessen. Aus den Ablesungen sind die beiden Komponenten des Magnetisierungsstroms einfach zu berechnen; man kann die Ablesungen auch unmittelbar als Wandlerfehler deuten.

162. **Streuungsmessung an Stromwandlern.** (L. Mollwo.) An einer Reihe von Normalstromwandlern mit ringförmigem, gleichmäßig bewickeltem Eisenkern wurde beim Übersetzungsverhältnis 5/5 A mit einer Brückenschaltung die sekundäre Streuung gemessen, deren Kenntnis für die theoretische Verfolgung der Wandlereigenschaften erforderlich ist. Es ergab sich in fast allen Fällen, besonders bei mehrlagiger Sekundärwicklung, ein „negativer" Streuwiderstand, d. h. die Streuspannung war nicht induktiv, sondern kapazitiv gegen den Strom in der Sekundärwicklung verschoben. Die Ursache ist ein Streufluß, der mit der ganzen Primärwicklung, aber nur mit den äußeren Lagen der Sekundärwicklung verkettet ist.

163. **Widerstandsnormal mit verschwindendem Winkelfehler.** (L. Mollwo.) Es läßt sich rechnerisch nachweisen, daß ein Widerstandsnormal, das aus einem geraden runden Manganinstab und zwei geraden, runden Kupferleitern besteht, die rechts und links neben dem Manganinstab geführt sind und von denen der eine zur Stromrückleitung, der andere als die eine Spannungsleitung dient, dann den Winkelfehler Null hat, wenn zwischen dem Durchmesser D des Manganinstabs und dem rechts und links gleichen Mittenabstand A der beiden untereinander gleichen Kupferleiter von der

Mitte des Manganinstabs die Beziehung besteht $\frac{A}{D} e^{-\frac{1}{4}} = 0{,}7788$. Ein derartiges Widerstandsnormal wurde gebaut und zur Nachprüfung des Winkelfehlers der Normalwiderstände zur Stromwandlerprüfeinrichtung nach Schering und Alberti benutzt.

164. Leistungsmessung bei kleinem Leistungsfaktor und verzerrter Strom- und Spannungskurve. (L. Mollwo.) Es wurde ein Meßverfahren entwickelt, das bei voneinander verschiedener, nicht sinusförmiger Spannungs- und Stromkurve die Leistungsmessung auf den Abgleich einer Nullschaltung und auf eine Messung des Effektivwertes der Spannung zurückzuführen gestattet. Als Nullinstrument wird ein Spiegelwattmeter verwendet. Das Verfahren ist besonders für Messungen bei kleinem Leistungsfaktor vorteilhaft, beispielsweise für die Bestimmung der Eisenverluste im Apparat nach Epstein. Eine Veröffentlichung wird vorbereitet.

165. Wechselstrommessungen sehr hoher Genauigkeit. (L. Mollwo.) Um die Genauigkeit der Messung von Spannung, Strom und Leistung bei Wechselstrom über das mit üblichen Präzisionszeigerinstrumenten erreichbare Maß zu steigern, wurde zu Nullschaltungen folgender Art übergegangen. Eine zu messende Wechselspannung wird an einen dynamometrischen Spannungsmesser gelegt, bei dem die feste und die bewegliche Spule nicht wie üblich in Reihe geschaltet sind, sondern in zwei parallelen, für die volle Spannung bemessenen Widerstandszweigen liegen. Jeder dieser beiden Zweige hat eine Anzapfung, die so liegt, daß die Potentialdifferenz zwischen beiden Null ist, d. h. die vier entstehenden Abschnitte bilden eine abgeglichene Brückenschaltung. Man läßt es nun nicht zu einem Ausschlag am Spannungsmesser kommen, sondern kompensiert das von den fließenden Wechselströmen herrührende Drehmoment dadurch aus, daß man dem Meßgerät über die beiden Anzapfungen, d. h. von der Brückendiagonale aus, einen Gleichstrom zuführt. Die Nullbedingung liefert eine Beziehung, nach der die Wechselspannung aus den Widerständen der Schaltung und der sehr genau meßbaren Gleichspannung in der Brückendiagonale zu berechnen ist. Die Schaltung gestattet bei entsprechend bemessenen Dynamometerspulen mit einem wesentlich größeren Verhältnis von Drehmoment zu Richtkraft zu arbeiten als bei einem Ausschlagsinstrument. Dadurch ergibt sich eine Steigerung der Empfindlichkeit und der Genauigkeit. Für die Strommessung wird die gleiche Schaltung angewandt, für die Leistungsmessung eine Anordnung mit zwei Brückenschaltungen, die je eine Spule des Dynamometers enthalten.

166. Genaue Zeitmessung bei Zählerprüfungen. (W. Rump, R. Bredner.) Bei der Prüfung von Normalzählern reicht die Genauigkeit einer vom Netz betriebenen Synchronuhr nicht mehr aus. Es wurde daher ein Sender für 50 Hz gebaut, der von der Normalfrequenz 250 Hz einer Quarzuhr gesteuert wird und der die für den Betrieb einer Synchronuhr erforderliche Ausgangsleistung besitzt. Ein einfacher Aufbau und eine sichere Mitnahme des Senders wurden dadurch erzielt, daß ein gemeinsamer Transformatorkern die Wicklungen für den Anodenkreis des einstufigen Verstärkers für 250 Hz, für den Anoden- und Gitterkreis des Oszillators für 50 Hz und für den Gitterkreis der Gegentaktendstufe trägt. Bei der Verwendung der Anordnung für Zählerprüfungen ist eine Genauigkeit der Zeitmessung von 0,01 v. H. sicher gewährleistet.

167. Untersuchung von Schaltern und Installationsgeräten. (H. E. Linckh, W. Rump, R. Bredner.) Zur Untersuchung der Eignung von Heimstoffen wurden an Schaltern Abbranddauerversuche mit verschiedenem Kontaktmetall sowie an Installationsgeräten Messungen des Übergangswiderstandes zwischen den Klemmstücken und den Aluminiumleitern bei wiederholter Erwärmung und Abkühlung durchgeführt.

168. Erweiterung des Wechselstromlaboratoriums. (H. E. Linckh, R. Bredner.) In den durch die Aufstockung des Starkstromgebäudes gewonnenen Räumen des 1. Stockwerkes werden zur Zeit neue Arbeitsplätze für Strom- und Spannungswandlermessungen eingerichtet. Die Arbeitsplätze sollen zur Durchführung der für die elektrischen Prüfämter und Außenstellen erforderlichen Untersuchungen von Meßwandlerprüfeinrichtungen, Bürden und Bürdenmeßgeräten dienen. Der Ausbau der Arbeitsplätze ist nahezu beendet.

169. Abschaltversuche an Stromwandlern. (W. Bähre.) Die im vorjährigen Tätigkeitsbericht unter Ziffer 133 genannten Untersuchungen über Änderung der Stromwandlerfehler nach Abschalten wurden fortgesetzt. Mit Hilfe des für diesen Zweck gebauten Versuchswandlers konnte der Einfluß sowohl am natürlichen Stromwandler als auch am Stromwandler mit Kunstschaltung untersucht werden. Die Gesetzmäßigkeiten über den Einfluß der Abschaltphase, der Größe und Phasenverschiebung der Bürde, über die Änderung des Magnetisierungsstromes und der Wirkkomponente des Leerlaufstromes, über die Ausdehnung des Schalteinflusses über die Fehlerkurve u. a. m. sind geklärt. An beglaubigungsfähigen Wandlertypen konnten Fehleränderungen

bis zu −0,65 v. H. und 19 Minuten nachgewiesen werden. Um diese Schalteinflüsse zu vermeiden, werden Präzisionsmessungen an Stromwandlern nach sorgfältiger Entmagnetisierung zweckmäßigerweise stets bei stufenloser Regelung in der Reihenfolge von großen nach kleinen Stromstärken ausgeführt. Eine Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

170. **Neue Laboratoriumsräume des Referates für Elektrische Prüfämter.** (Scheld, Bähre.) Die durch Aufstockung des Starkstromgebäudes gewonnenen Laboratoriumsräume sind bezugsfertig geworden (vgl. Tätigkeitsbericht 1936, Nr. 135). Im zweiten Stock ist die Ausstattung eines größeren Laboratoriumsraumes mit Kompensationsmeßeinrichtungen, Zählerprüfstationen u. a. m. im Gange.

171. **Lichtelektrische Zählerprüfeinrichtung.** (A. Kuntze.) Eine von den bekannten Anordnungen durch ihre Einfachheit abweichende lichtelektrische Elektrizitätszähler-Prüfeinrichtung zählt selbsttätig eine beliebig zwischen 0 und 120 vorgegebene Anzahl von Ankerumdrehungen und schaltet selbsttätig eine Stoppuhr bei Beginn und am Ende der zu zählenden Umdrehungen. Der Helligkeitsunterschied eines am Ankerscheibenrand reflektierten Lichtstrahlenbündels, der beim Durchgang der Ankerscheibenmarke eintritt, steuert mittels einer Photozelle einen Gleichstromverstärker oder mittels eines Photoelements einen gittergesteuerten Stromrichter, dessen Anodenstrom die Relais für die Umdrehungszählung und für die Schaltung der Stoppuhr betätigt. Eine Veröffentlichung ist in Vorbereitung.

172. **Untersuchungen an Stromrichtern.** (A. Kuntze.) Es wurde eine Anlage für die Anfertigung kleiner Hochvakuumstromrichter bzw. kleiner gasgefüllter Stromrichter aus Glas erstellt. Die bekannten Anordnungen von Wechsel- und Gleichrichtern zur Umspannung von Gleichstromleistungen in der Größenordnung von 1 bis 2 kW wurden eingehend untersucht.

173. **Elektrische Untersuchungen an Kunststoffen.** (G. Pfestorf, W. Hetzel.) Die Untersuchung von Kunststoffen in Abhängigkeit von der Temperatur wurde in einem besonderen Thermostaten durchgeführt, der ein thermisches Gleichgewicht im ganzen Prüfraum gewährleistete. Um die Dauer der Aufnahme der Verlustkurven bei Reihenuntersuchungen abzukürzen, wurde eine Anordnung geschaffen, die die gleichzeitige Behandlung von 25 Proben und deren Messung (Dielektrizitätskonstante, dielektrischer Verlustfaktor, Gleichstromwiderstand) im Thermostaten gestattet, ohne den Thermostaten zu öffnen. Die Untersuchungen an 65 Sorten von Kondensations- und Polymerisations-Kunst- und Preßstoffen werden demnächst veröffentlicht. Der aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft beschaffte Tiefkühlthermostat wurde im Dezember geliefert, so daß die Messungen nunmehr auch als Reihenuntersuchungen im Temperaturbereich von −40° bis 130° ausgeführt werden können.

174. **Prüfung von Kunststoffmänteln.** (G. Pfestorf, E.-F. Richter.) Im Zuge der laufenden Prüfung von isolierten Leitungen wurden auch Leitungen untersucht, deren Aufbau unter Verwendung neuer Heimstoffe nicht den Umstellvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entspricht. Zu ihrer Prüfung wurden neue Einrichtungen geschaffen. Auf Grund von Erfahrungen bei der Prüfung von Kunststoffmänteln umhüllter Rohrdrähte konnte an der Aufstellung von Prüfvorschriften für Kunststoffe in Installationsleitungen mitgearbeitet werden. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

175. **Untersuchung von keramischen Werkstoffen.** (E.-F. Richter.) Im Anschluß an frühere Arbeiten über die Leitfähigkeit von keramischen Werkstoffen bei hohen Temperaturen wurden die Unterschiede zwischen den bei steigenden und den bei fallenden Temperaturen beobachteten Widerstandswerten eingehend untersucht. Es ergibt sich, daß die Unterschiede nur bei alkalihaltigen keramischen Werkstoffen auftreten und durch die bei der elektrolytischen Stromleitung eintretende elektrolytische Reinigung verursacht werden. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 79.)

176. **Hartgewebe mit Zellwolle.** (G. Pfestorf, E.-F. Richter.) Für die Aufstellung von Lieferungsvorschriften von Hartgeweben wurden an den Erzeugnissen einer Reihe von Firmen elektrische Vergleichsmessungen (Isolationswiderstand, Widerstand im Innern, Durchschlagspannung) durchgeführt und diese Werte dem Ausschuß für Faserstoffe des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zur Verfügung gestellt.

177. **Dielektrisches Verhalten von Öl-Harzgemischen.** (G. Pfestorf, J. Kluge.) Nachdem die elektrischen Untersuchungen von Öl-Harzgemischen als Stoffprüfungen im Laboratorium abgeschlossen sind, wurden Dauerversuche an einem nachgebildeten Kabel bei 70° und gleichzeitiger elektrischer Beanspruchung ausgeführt. Als Prüfgerät dient das bekannte Kabelphantom, dessen Meßzylinder mit einer Kupferdrahtbandage und mehreren Lagen Kabelpapier umwickelt ist. Dadurch wird die natürliche Beanspruchung der Öle im Betrieb nachgeahmt.

178. **Installations-Feuchtraumdosen im Betrieb.** (G. Pfestorf, E.-F. Richter.) Nach einer Betriebszeit von $1^1/_2$ Jahren wurden die von der Berliner Licht- und Kraft-AG. und dem Märkischen Elektrizitätswerk eingebauten Isolierstoffdosen ausgebaut und der Reichsanstalt zur Prüfung zur Verfügung gestellt. Die Untersuchungsergebnisse werden demnächst mitgeteilt.

179. **Drehbeschleunigungsmesser.** (J. Kluge, H. E. Linckh.) Der elektrostatische Drehbeschleunigungsmesser (vgl. Tätigkeitsbericht 1936, Nr. 149) wurde zur Untersuchung der Ausgleichsmomente beim Anlauf von Drehstrommotoren verwendet. Hiernach beträgt das Ausgleichsmoment beim Anlauf das Vierfache des Anzugsmomentes. Die Versuche wurden abgeschlossen, die Ergebnisse sind veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 73.)

180. **Untersuchungen über die Regelgenauigkeit von Spannungsreglern elektrischer Maschinen.** (J. Kluge.) Die zahlreichen Abnahmeprüfungen der für die Prüfämter bestimmten Eichumformer, die mit selbsttätigen Spannungsreglern ausgerüstet sind, erforderten vergleichende Untersuchungen der Regler bezüglich Regelzeit, Ansprechzeit und Ansprechempfindlichkeit bei verschiedenem zeitlichen Verlauf der auszuregelnden Spannungsänderung (Störung). Da es sich hierbei einmal um kurze Zeiten und andererseits um kleine Spannungsänderungen handelt, mußten unter Verwendung von Verstärkern oszillographische Meßverfahren ausgearbeitet werden.

181. **Untersuchungen mit der Kurvenformmeßbrücke.** (C. Mörder.) Die von Linckh angegebene Kurvenformmeßbrücke (vgl. Tätigkeitsbericht 1936, Nr. 150 und 1935, Nr. 115) wurde in großem Umfang zur Untersuchung der für die Prüfämter bestimmten Eichumformer verwendet. Zur einfacheren Auswertung der Meßergebnisse mit der Brücke wurde ihre Schaltung abgeändert. Und zwar erfolgt die Spannungsabgleichung der Brücke für 50 Hz durch Veränderung des Vorwiderstandes zu dem Resonanzkreis. Hierdurch wird der Brückenfaktor unabhängig von der Einstellung und Größe des Abgleichwiderstandes.

182. **Integraph zur Leistungsbestimmung von Kolbenmaschinen.** (J. Kluge, V. Vieweg). Bei dem harmonischen Analysator von Mader wird das bestimmte Integral der Fourierkoeffizienten als Fläche dargestellt und gleichzeitig von einem zusätzlichen Planimeter ausgewertet. Ergänzt man das Zahnrad des Analysators durch einen kleinen Kurbeltrieb, der demjenigen an der zu untersuchenden Maschine ähnlich ist, und setzt man den Fahrstift des Planimeters an den Kreuzkopf dieses kleinen Kurbeltriebes ein, so ergibt die Planimeterablesung bei einmaligem Umfahren der *pt*-Kurve mit dem Analysator unter genauer Berücksichtigung des Pleuelstangenverhältnisses ein Maß für die gesuchte Leistung. Und zwar kommt bei Viertaktmaschinen das Zahnrad für die 2. Harmonische und bei Zweitaktmaschinen das Zahnrad für die 1. Harmonische (Grundwelle) zur Anwendung. (Vgl. hierzu auch Tätigkeitsbericht 1930, Nr. 126, letzter Absatz.)

183. **Piezolektrische Druck- und Beschleuningungsmessungen.** (Vgl. Tätigkeitsberichr 1936, Nr. 152).

a) Die Untersuchungen am Preßlufthammer (J. Kluge, F. Brasack) wurden fortgesetzt mit dem Ziel einer vollständigen Druckindizierung an beiden Seiten des freifliegenden Preßlufthammerkolbens.

b) Indikator für Verbrennungskraftmaschinen. (S. Fahrentholz, J. Kluge, H. E. Linckh.) Es wurde ein neuer temperaturunempfindlicher Zündkerzenquarzindikator entwickelt, der bezüglich seiner Eigenmasse ausgeglichen ist. Der Indikator wird an Stelle der Zündkerze eingesetzt und hat etwa den gleichen Totraum und Glühwert wie die Kerze, so daß die Betriebsbedingungen des Motors durch den Indikator nicht beeinflußt werden. Eine Veröffentlichung hierüber ist in Vorbereitung.

c) Beschleunigungsmesser für Kraftfahrzeuge. (J. Kluge, H. E. Linckh, F. Brasack.) Die Versuchsarbeiten zur Entwicklung eines registrierenden piezoelektrischen Beschleunigungsmessers für Bremsversuche am Kraftwagen wurden fortgesetzt mit dem Ziele, den Einfluß der Wagenschwingungen auf die Anzeigegenauigkeit von Bremsmessern zu ermitteln.

d) Entwicklungsarbeiten für piezoelektrische Druckmeßkammern. (J. Kluge, F. Brasack.) Es wurden verschiedene piezoelektrische Druckmeßkammern gebaut, die gegen Temperatureinflüsse und Beschleunigungseinwirkungen unempfindlich sind.

184. **Verbesserung der magnetischen Meßeinrichtung.** *Verlustmessungen.* (W. Steinhaus, G. Becker, E. Schoen.) Die vergleichenden Versuche zur Messung der Eisenverluste und ihre Ausdehnung auf Induktionen über 15000 CGS haben gezeigt, daß Meßverfahren mit Teilbündeln oder einem Isthmus im Epstein-Apparat wegen zu großer Verzerrung des Flußverlaufs ausgeschlossen werden müssen. Die Arbeiten, für die die Deutsche Forschungsgemeinschaft nunmehr Mittel zur Verfügung gestellt hat, werden fortgesetzt.

185. **Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung auf das magnetische Verhalten von Metallen und Legierungen.**

a) Bestimmung der Sättigungsmagnetisierung reinsten Eisens. (W. Steinhaus, A. Kußmann, E. Schoen.) Die Versuche bei Raumtemperatur wurden abgeschlossen und veröffentlicht. Es wurde gefunden, daß die Form des Annäherungsgesetzes in verschiedenen Feldstärkebereichen verschieden ist und daß etwa 2 v. H. unterhalb der Sättigung die Magnetisierung ϑ mit $1 - \frac{1}{\mathfrak{H}^2}$, bei höheren Intensitäten dagegen mit $1 - \frac{1}{\mathfrak{H}}$ verläuft. Unter der Annahme der Gültigkeit der letzteren Formel bis zu $\mathfrak{H} = \infty$ wird als spezifische Sättigung des absolut reinen Eisens bei Raumtemperatur $\sigma_\infty = 217{,}98 \pm 0{,}1$, d. h. bei einer Dichte von 7,878 eine Magnetisierung $4\pi\vartheta_\infty = 21580 \pm 10$ extrapoliert. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 83.)

b) Platin-Nickellegierungen. (A. Kußmann, H. Nitka.) Im Rahmen der Untersuchungen über die Eigenschaften von Legierungen zwischen Metallen der Eisen- und Platingruppe wurde das System *Ni-Pt* magnetisch, elektrisch und röntgenographisch untersucht. An der Stelle $Ni_3\,Pt$ wurde eine Überstrukturphase nachgewiesen, die sich durch langdauerndes Tempern aus dem ungeordneten Mischkristall bildet und sich von diesem durch geringere Sättigungsmagnetisierung und tieferen Curiepunkt unterscheidet.

c) Manganferrite. (A. Kußmann, H. Nitka.) Auf Veranlassung des Präsidenten wurden als Beispiel für ferromagnetische Stoffe mit sehr geringer elektrischer Leitfähigkeit 10 Proben verschiedener Zusammensetzung aus dem System Manganoxyd-Eisenoxyd hergestellt und magnetisch und strukturell untersucht. Es zeigte sich, daß der Ferromagnetismus an eine oberhalb etwa 1000° C beständige feste Lösung mit kubischem Gitter gebunden ist, die durch Abschrecken auch bei Raumtemperatur erhalten werden kann. Bei nachträglichem Erhitzen unterhalb 1000° C wandelt sich diese Phase in eine paramagnetische mit rhomboedrischem Gitter um, so daß die Verknüpfung des Ferromagnetismus mit der Kristallstruktur die gleiche ist wie beim reinen Eisenoxyd. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 74.)

186. **Druckabhängigkeit des Curiepunktes.** (H. Ebert, A. Kußmann.) An *Ni-Fe*-Legierungen mit rund 30 v. H. *Ni* und einer *Fe-Co-Cr*-Legierung wurde der Druckkoeffizient der Magnetisierung in Abhängigkeit von Temperatur (zwischen −100° und + 250° C) und allseitigem Druck (bis 4000 at) untersucht. Dabei ergab sich, daß der Druckkoeffizient zwar mit steigender Temperatur ansteigt, mit steigendem Druck dagegen abnimmt. Diese Erscheinung ist um so ausgeprägter, je mehr man sich dem Curiepunkte nähert, so daß der Schluß naheliegt, daß der Ferromagnetismus durch allseitigen Druck nicht völlig zum Verschwinden gebracht werden kann. Dementsprechend wurde innerhalb der Meßmöglichkeiten auch keine Verschiebung des Curiepunktes beobachtet.

187. **Prüftätigkeit der Abteilung II.**

Laboratorium für Grundeinheiten

15	(9)	Leitungswerkstoffe,
2	(11)	Widerstandswerkstoffe,
235	(155)	Normalwiderstände,
245	(171)	Widerstandsapparate einschließlich Verzweigungswiderstände [5047 (4888) Abteilungen],
395	(169)	Internationale Weston-Elemente,
2	(2)	Weston-Elemente mit bei 4° C gesättigter Lösung,
3	(1)	Verschiedene Prüfungen (3 Proben Phosphorsäurelösung).

An 130 Normalwiderständen wurden außer der üblichen Prüfung noch Messungen bei drei verschiedenen Belastungen ausgeführt. Die Abweichungen vom Sollwert lagen bei 376 Elementen zwischen $\pm\ 1 \cdot 10^{-4}$, bei 4 Elementen waren sie größer, 15 Elemente waren unbrauchbar.

Außerdem wurden für die Laboratorien der Reichsanstalt 1 Normalwiderstand, 5 Widerstandsapparate (mit 153 Abteilungen) und 2 Normalelemente geprüft, sowie 26 Leitfähigkeitsbestimmungen ausgeführt (Wasserproben).

Gegen Erstattung der Unkosten wurden in den beiden letzten Jahren 125 im Laboratorium hergestellte internationale Weston-Elemente (größtenteils an die Elektrischen Prüfämter) abgegeben.

Laboratorium für Wechselstromnormalien

1215 (1023) Kapazitäten von Kondensatoren,
755 (376) Verlustwinkel von Kondensatoren,
24 (13) Spulenkapazitäten,
188 (180) Induktivitäten von Spulen,
190 (76) Wirkwiderstände von Spulen,
2 (0) Induktivitätsmeßbrücken,
63 (19) Widerstände.

Für die Laboratorien der Reichsanstalt wurden geprüft:

68 (97) Kapazitäten von Kondensatoren,
6 (25) Verlustwinkel von Kondensatoren,
6 (58) Induktivitäten von Spulen.

Hochfrequenzlaboratorien

60 (56) Resonatoren,
4 (0) Oszillatoren,
47 (62) Wellenlängen,
1 (2) Normalsender mit je 10 Normalquarzen,
4 (0) Strommessungen bei Hochfrequenz,
6 (0) Abschirmfaktoren von Spulenbechern,
9 (6) Dauerabgaben von Normalfrequenzen über Leitungen an Reichsbehörden und an Firmen.

Für die Laboratorien der Reichsanstalt wurden geprüft:
92 (0) Wellenlängen.

Röntgenlaboratorien

26 (37) Röntgenstrahlendosismesser,
1 (0) Stromnormal,
2 (9) Röntgenstrahlenschutzstoffe,
1 (1) Strahlenschutzsystem.

Gleichstromlaboratorium und Referat für Elektrische Prüfämter

72 (26) Strom- und Spannungsmesser,
148 (196) Leistungsmesser,
4 (19) Elektrizitätszähler,
74 (65) Vor- und Nebenwiderstände,
90 (82) Stufenkompensatoren,
4 (8) Sonstige Widerstände,
25 (42) Primärelemente und Akkumulatoren,
33 (26) System- und Ergänzungsprüfungen an Gleich- und Wechselstromzählern,
0 (5) Verschiedenes.

Für die einzelnen Laboratorien der Reichsanstalt wurden geprüft: 35 (43) Normalwiderstände, Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser. Es wurden zur Beglaubigung zugelassen: 33 Abänderungen bzw. Zusätze von Elektrizitätszählern, 3 neue Systeme und 4 Zusätze von Strom- und Spannungswandlern; die Zulassung zur Beglaubigung wurde für Elektrizitätszähler in keinem Fall abgelehnt.

Die Anzahl der für die Elektrischen Prüfämter und deren Außenstellen geprüften Instrumente und Apparate blieb auf der Höhe des Vorjahres. Außerdem wurden zahlreiche Vergleichsmessungen an Meßinstrumenten und Elektrizitätszählern zwischen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und den Elektrischen Prüfämtern durchgeführt. Eine Übersicht über die Tätigkeit der Prüfämter gibt die nebenstehende Zahlentafel.

Übersicht über die Tätigkeit der Elektrischen Prüfämter

Elektrisches Prüfamt Nr.	Elektrizitätszähler							Andere Apparate				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m
1. Ilmenau	43299	3421	874	1643	21394	4155	1076	382	223	254	12	106
2. Hamburg	64	63	49	14	—	—	—	—	—	33	547	674
3. München	67109	10104	2030	5004	5316	909	351	2578	499	776	—	—
4. Nürnberg	58117	1604	774	454	16782	1853	1766	2088	76	909	190	100
5. Kaiserslautern	2694	11	3	8	2680	1537	792	—	—	20	—	—
6. Frankfurt a. M.	73122	29	3	8	2105	606	241	2495	715	55	—	—
7. Bremen	26503	2679	1000	217	732	340	199	614	—	73	—	4
8. Königsberg	24417	738	227	448	17025	4537	3249	1012	210	63	93	—
9. Halle	920	19	9	4	668	97	24	—	—	577	—	—
10. Essen	120513	—	—	—	15293	3412	1671	6	1062	46	229	30
11. Ravensburg	14697	78	51	22	8230	2042	775	1270	217	123	—	—
12. Wuppertal-Oberbarmen	41373	168	19	66	6405	606	215	983	974	347	—	—
13. Kassel	35291	5832	1826	2449	11518	3457	2060	1214	123	678	—	—
14. Oranienburg	49172	—	—	—	—	—	—	5288	457	457	—	—
15. Stuttgart	25339	8081	777	1485	5626	622	228	4367	265	191	—	—
16. Kiel	27296	60	20	28	14358	2804	680	1082	354	346	—	7
17. Rendsburg	9171	179	22	154	489	121	190	159	80	163	—	—
18. Berlin	207437	6256	1638	718	5377	893	204	1632	1713	229	—	—
19. Rethen	23516	466	98	115	393	110	67	453	367	78	25	87
20. Gleiwitz	12641	—	—	—	417	79	62	107	154	69	—	—
21. Hannover	19794	—	—	—	147	68	27	5985	79	67	—	—
22. Magdeburg	23545	7	5	1	17738	1364	458	1365	113	330	—	—
23. Hameln	8914	34	11	23	13	4	2	482	—	70	33	44
24. Dresden	96477	153	58	48	7044	953	480	3456	276	111	—	—
25. Neiße	16737	—	—	—	1186	86	111	1129	420	105	—	—
26. Striegau	4318	—	—	—	1178	100	133	97	44	3	—	—
27. Dortmund	39425	2248	254	618	17934	3417	1620	1020	811	31	—	—
28. Helmstedt	3647	—	—	—	—	—	—	78	51	24	—	—
29. Braunschweig	16751	1055	71	502	1146	163	76	329	446	105	—	—
30. Wiesbaden	10084	4	—	—	316	60	93	129	90	19	—	—
31. Augsburg	8447	—	—	—	2074	507	419	75	—	31	—	—
32. Breslau	38816	3346	568	1273	739	43	96	4717	150	127	—	—
33. Stettin	36346	1114	301	667	186	47	25	373	141	112	—	—
34. Berlin	19432	2523	662	571	4382	584	202	421	27	24	—	—
35. Minden	22288	—	—	—	83	22	2	—	—	—	—	—
36. Halle	89	—	—	—	—	—	—	—	88	—	—	—
37. Bielefeld	14576	5577	1190	1475	5709	1516	964	336	41	72	—	—
38. Koblenz	7791	—	—	—	867	157	60	185	—	—	—	—
39. Lübeck	7740	11	2	1	7	2	—	—	40	—	—	—
40. Eßlingen	27893	—	—	—	—	—	—	447	415	—	—	—
41. Markkleeberg	21415	—	—	—	290	20	—	249	260	—	—	—
42. Chemnitz	17302	—	—	—	263	14	8	675	132	2	—	—
43. Bremen	9465	—	—	—	1020	269	84	103	72	50	—	—
44. Sagan	1702	—	—	—	383	131	58	52	7	—	—	—
45. Halle	31414	—	—	—	210	3	201	208	183	78	—	—
46. Dresden	46773	72	25	28	18427	1654	536	15467	4	4	18	—
47. Köln	25920	—	—	—	548	137	39	—	26	19	—	5
48. Düsseldorf	10426	—	—	—	—	—	—	336	144	18	—	—
49. Hamburg	20342	161	50	70	240	7	5	64	282	—	—	—
50. Rostock	309	—	—	—	274	39	20	—	—	—	—	—

a) Gesamtzahl der geprüften Zähler.

b) Gebrauchte Gleichstromzähler, die vor Instandsetzung und Einregulierung geprüft wurden.

c) Zähler unter b), die die Beglaubigungsfehlergrenzen nicht einhielten.

d) Zähler unter b), die die Verkehrsfehlergrenzen nicht einhielten.

e) Gebrauchte Wechselstromzähler, die vor der Instandsetzung und Einregulierung geprüft wurden.

f) Zähler unter e), die die Beglaubigungsfehlergrenzen nicht einhielten.

g) Zähler unter e), die die Verkehrsfehlergrenzen nicht einhielten.

h) Tarifuhren, Zeitzähler u. andere Nebenapparate.

i) Strom- und Spannungswandler.

k) Strom-, Spannungs- und Leistungsmesser und andere Meßgeräte.

l) Isolations- und Installationswerkstoffe.

m) Elektrische Gebrauchsgegenstände.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des amtlichen Prüfwesens für Elektrizitätszähler wurden die folgenden Elektrischen Prüfämter neu errichtet:

Nr. 46 in Dresden bei den Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerken AG.,
Nr. 47 in Köln bei den Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerken der Stadt Köln,
Nr. 48 in Düsseldorf bei dem Städtischen Elektrizitätswerk in Düsseldorf,
Nr. 49 in Hamburg bei den Hamburgischen Elektrizitätswerken Aktiengesellschaft,
Nr. 50 in Rostock bei dem Elektrizitätswerk Rostock.

Etwa 35 weitere Prüfämter sind in Vorbereitung. Ferner wurden 51 Außenstellen von Prüfämtern (Gesamtzahl zur Zeit 108) neu in Betrieb genommen; in Vorbereitung befinden sich etwa 200 Außenstellen.

Im Laufe des Berichtsjahres wurden zwecks Abnahme bzw. Revision 68 amtliche Prüfstellen besichtigt.

Wechselstromlaboratorium

28 (19) Strom- und Spannungsmesser,
5 (14) Leistungsmesser,
101 (62) Elektrizitätszähler,
841 (788) Strom- und Spannungswandler,
9 (20) Bürden für Strom- und Spannungswandler,
25 (24) Prüfeinrichtungen für Strom- und Spannungswandler,
3 (14) Meßzweige, Spannungsteiler und Widerstände,
8 (4) Bürdenprüfgeräte,
8 (9) System- und Ergänzungsprüfungen von Strom- und Spannungswandlern,
5 (3) Schalter- und Installationsgeräte,
3 (8) Verschiedenes.

Die Zahl der für die Errichtung der elektrischen Prüfämter und Außenstellen durchzuführenden Prüfungen hat noch weiter zugenommen. Die Prüfungen erstrecken sich hauptsächlich auf die Messung von Strom- und Spannungswandlern für Zählerprüfanlagen, von Normalzählern und Normalwandlern, auf die Untersuchung von Meßwandlerprüfeinrichtungen, Bürdenmessern und Bürden. Ferner wurden Vergleichsmessungen an Strom- und Spannungswandlern durchgeführt.

Hochspannungslaboratorien

2 (8) Kondensatoren für Hochspannung,
5 (8) Hochspannungsapparate,
851 (858) Sorten fester Isolierstoffe,
4 (17) Sorten Isolatoren,
7 (9) Sorten vergießbare Massen und Lacke,
30 (23) Sorten Öle,
88 (213) Sorten Kabel und Leitungen,
33 (12) Sorten Isolierüberzüge,
15 (18) Verschiedenes.

Maschinenlaboratorium

149 (63) Motoren und Generatoren,
0 (3) Transformatoren,
0 (0) Anlasser,
15 (5) Apparate,
0 (1) Abnahmen von Maschinen.

Magnetische Laboratorien

15 (10) Proben Flußeisen, Gußeisen, Magnetstahl,
34 (71) Proben Dynamo- und Transformatorenblech, Drähte,
26 (12) Proben unmagnetischer Legierungen,
7 (2) Proben dia- und paramagnetischer Stoffe,
52 (11) Permanente Magnete,
4 (2) Meßspulen,
1 (0) Fluxmeter,
1 (0) Epsteinapparat.

Von den Blechproben wurden 21 (27) wattmetrisch [47 (85) Eisenverlustzahlen], 13 (33) statisch, 5 (0) bei 500 bzw. 25000 Hz und 1 (0) bei hohen Induktionen untersucht.

Abteilung III (Wärme und Druck)

188. **Wärmetechnische Richtwerte.** (F. Henning.) Unter Mitarbeit fast aller wissenschaftlichen Beamten und Angestellten der Abteilung ist ein Tabellenwerk im Umfang von etwa 100 Seiten fertiggestellt, das die auf dem Gebiet der Wärmeforschung gewonnenen Zahlenwerte nach kritischer Richtung zusammenfaßt. Das Werk befindet sich im Druck.

189. **Zahlentafeln der pv-Werte von Gasen.** (J. Otto, K. H. Strauß.) Die pv-Werte der Gase zwischen Atmosphärendruck und 1000 kg*/cm², die in dem Schrifttum in den verschiedensten Einheiten angegeben worden sind, wurden unter einem einheitlichen Gesichtspunkt — Druckeinheit 1 kg*/cm²; Bezugszustand: 0° und 760 *QS* — neu berechnet und übersichtlich zusammengestellt. Die Veröffentlichung dieser Zahlentafeln steht in Kürze bevor. Weiterhin wurde untersucht, wie weit die gebräuchlichsten Zustandsgleichungen das wirkliche Verhalten wiedergeben.

190. **pv-Werte bei hohen Drucken.** (J. Otto, M. Krause.) Die Versuchsanordnung, mit der die pv-Werte von Gasen bei Drucken bis zu 1000 kg*/cm² ermittelt werden sollen, ist so weit fertiggestellt, daß mit den Messungen begonnen werden kann.

191. **pv-Werte des Berliner Leuchtgases.** (J. Otto.) Zur genauen Umrechnung des Gasinhalts von Stahlflaschen, die in immer steigendem Maße bei Kraftfahrzeugen mit Gasantrieb Verwendung finden, auf die entsprechende Gasmenge bei Atmosphärendruck ist die Kenntnis der Zusammendrückbarkeit der verwendeten Gasgemische erforderlich. Die pv-Werte des Berliner Leuchtgases, das zur Zeit für etwa 60 Omnibusse und Lastkraftwagen als Antriebsgas dient, wurden zwischen −50° und +50° bei Drucken bis 200 kg*/cm² gemessen. Es ergab sich, daß die Fehler bei Berechnung der pv-Werte nach der Mischungsregel von der gleichen Größenordnung sind wie bei Anwendung der idealen Zustandsgleichung. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 108.)

192. **Gasthermometrische Messungen bei sehr tiefen Temperaturen.** (J. Otto, K. H. Strauß.) Im weiteren Verlauf der Vorarbeiten wurden elektrische Wärmeleitungsmanometer mit Platindrähten verschiedenen Durchmessers hergestellt und auf ihre Brauchbarkeit bei Drucken unterhalb 1 mm QS geprüft. Die Versuche werden fortgesetzt.

193. **Platinwiderstandsthermometer.** (W. Heuse, A. Schrickel.) Die im vorjährigen Bericht erwähnten Platinwiderstandsthermometer geringer Trägheit und geringer thermischer Nachwirkung haben sich bei einer größeren im Laufe des Jahres durchgeführten Arbeit gut bewährt.

Der Widerstandsdraht besteht aus spektroskopisch reinem Platin der Firma W. C. Heraeus. Seine Länge beträgt 40 cm, sein Durchmesser 0,1 mm, der Widerstand bei 0° etwa 5 Ohm. Der Draht wird als knickfreie Wendel auf einen Quarzglaszylinder von 20 mm Länge und 2 mm Durchmesser aufgewickelt; seine Enden sind an Platinbänder angeschweißt, die wie Gürtel über die Enden des Quarzglaszylinders gezogen sind. Zur Stromzuführung und Spannungsabnahme dienen Golddrähte von 0,2 mm Durchmesser. Der Widerstandsdraht wurde, bevor man ihn wickelte, durch Joulesche Wärme etwa 1 Minute lang auf Rotglut erhitzt; das fertige Thermometer wurde gealtert, indem es in einem Ofen etwa 24 Stunden auf 700° gehalten und dann mit dem Ofen in etwa 12 Stunden auf Raumtemperatur abgekühlt wurde.

Wird das Thermometer in ein Bad getaucht, dessen Temperatur von der des Thermometers abweicht, so ist nach 40 Sekunden die Differenz zwischen Thermometer- und Badtemperatur nur noch $\frac{1}{100}$ der beim Eintauchen vorhandenen. Bei einem auf Porzellankreuz gewickelten Thermometer der bisher üblichen Bauart ist die Trägheit wesentlich größer und ein solcher Ausgleich erst nach etwa 6 Minuten erreicht.

In einem Bad, dessen Temperatur sich gleichmäßig mit der Zeit ändert, ist die Differenz zwischen der Temperatur des Thermometers und der Temperatur des Bades gleich dem Betrage, um den sich die Badtemperatur in etwa 6 Sekunden ändert, d. h. unwesentlich in Anbetracht der Zeit, die zur Ausführung der Widerstandsmessung erforderlich ist.

Zur Beurteilung der thermischen Nachwirkung fand das Thermometer bei einer sich über mehrere Wochen erstreckenden Messungsreihe Verwendung. Die hierbei ermittelten Änderungen des Eispunktwiderstandes waren trotz Heizung des Thermometers auf 445° und Abkühlung auf −183° nicht größer als es der Meßgenauigkeit der Widerstandsmeßmethode entsprach.

194. **Elektrische Anisotropie von regulären Metalleinkristallen.** (E. Justi, H. Scheffers.) Die Erscheinung, daß auch reguläre Metalle bei tiefen Temperaturen in magnetischen Feldern eine Anisotropie des elektrischen Widerstandes zeigen, wurde systematisch weiter untersucht. Es gelang, Vakuummantelgefäße von nur 4 mm Außendurchmesser herzustellen und in diesen im engen Spalt eines neu aufgestellten großen Elektromagneten statische Felder bis zu 42000 Gauß zu erzeugen. Durch magnetische Querfelder dieser Stärke konnte der Widerstand von Wolframkristallen bei

Heliumtemperaturen auf über das Millionenfache vermehrt werden; daß diese Widerstandszunahme größer ist als beim Wismut, zeigt, daß sie entgegen der bisherigen Vorstellung nicht an starken Diamagnetismus geknüpft ist. Andererseits zeigen reinste Wolframkristalle im magnetischen Längsfeld bei tiefsten Temperaturen überhaupt keine meßbare Widerstandserhöhung, eine bisher noch nie beobachtete Erscheinung.

Weitere Untersuchungen von Gold, Blei, Aluminium, Indium und Molybdän ergaben jeweils qualitativ und quantitativ verschiedene Gesetzmäßigkeiten; z. B. nimmt die Widerstandszunahme des Aluminiums mit sinkender Temperatur ab und scheint bei $T = 0°$ abs. zu verschwinden. Die umfangreichen Meßergebnisse führen zu der Folgerung, daß es verschiedene Typen der elektrischen Leitfähigkeit in Metallen gibt, die vom Kristallbau und der Elektronenanordnung abhängen. Es konnte aber eine einfache, allgemein auch für nichtreguläre Metalle gültige Beziehung zwischen der Temperatur- und der Feldabhängigkeit der Widerstandszunahme aufgefunden werden, wonach die Widerstandsvermehrung für konstante Feldstärke mit steigender Temperatur abnimmt, unverändert bleibt oder zunimmt, je nachdem die Widerstandsvermehrung bei konstanter Temperatur mit der Feldstärke beschleunigt, linear oder verzögert zunimmt. Zwei Veröffentlichungen über Wolfram und Aluminium liegen vor. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 106 und 107.)

195. **Der Kohlelichtbogen als pyrometrisches Normal.** (F. Hoffmann, C. Tingwaldt.) Messungen der schwarzen Temperatur des positiven Kraters einer Bogenlampe mit Kohle- und Graphitanode mit dem Glühfadenpyrometer ergaben gut reproduzierbare Werte bei 3840° abs. Dieser Wert ist in befriedigender Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen von Henning und Tingwaldt (1928) und jüngeren von Chaney, Hamister und Glass (1935).

196. **Schmelzpunkt von Silizium.** (F. Hoffmann, A. Schulze.) Die optisch-pyrometrischen Messungen des Siliziumschmelzpunktes sind abgeschlossen und veröffentlicht worden (Verz. d. Veröffentl. Nr. 105). Die beträchtlichen Schwierigkeiten, die durch den hohen Dampfdruck des flüssigen Metalles verursacht waren, wurden dadurch überwunden, daß das Schmelzen in Argonatmosphäre stattfand und ein Einbau aus geschmolzenem Quarz benutzt wurde, der verhinderte, daß die heißen Siliziumdämpfe an die zum Hineinvisieren in den Hohlraumstrahler notwendige Verschlußplatte aus Glas gelangen konnten. Bei reinem Silizium (99,89 v. H.) ergab sich auf thermoelektrischem und optisch-pyrometrischem Wege übereinstimmend der Schmelzpunkt zu 1410°C±2°.

197. **Abweichung vom Kosinusgesetz bei Platin.** (C. Tingwaldt.) Die Intensitätsmessungen an den von einem glühenden Platinband seitlich ausgesandten polarisierten Strahlungsanteilen wurden auch auf Licht im grünen Spektralbereich ausgedehnt. Der Einfluß der Walzrichtung äußerte sich in gleicher Weise wie bei den für rotes Licht beschriebenen Beobachtungen. Die Untersuchung konnte abgeschlossen werden.

198. **Pyrometrische Glühlampen und Bandlampen.** (F. Hoffmann.) Da die Konstanz der gebräuchlichen Glühlampen für das Glühfadenpyrometer und der Bandlampen nicht voll befriedigte, wurde in Zusammenarbeit mit der Osram G. m. b. H. versucht, neue Formen zu schaffen, die den zu stellenden Anforderungen besser genügen. Dabei wurden mehrere Pyrometerlampen mit Wolframeinkristalldrähten und planparallelen Glashüllen erstmalig durchgemessen, um fernerhin auf ihre Konstanz überwacht zu werden.

199. **Registrierendes Fernthermometer.** (H. Moser.) Mit der Entwicklung einer erschütterungsunempfindlichen registrierenden Meßeinrichtung, die in praktisch beliebiger Entfernung Temperaturen zu messen gestattet, ist begonnen worden. Nach den bisherigen Versuchen scheint eine Genauigkeit von wenigen hundertstel Graden erreichbar.

200. **Untersuchung von Kippthermometern.** (W. Heuse.) Es wurde ein Thermostat gebaut, in dem Tiefseeumkippthermometer und Kipplote besser als bisher geprüft werden können. Die wesentlichen Änderungen bestehen darin, daß die Instrumente unter Wasser gekippt werden und daß die während der Prüfung verlaufende Änderung der Badtemperatur so klein gehalten wird, daß die Trägheit der Kippthermometer, die beträchtlich größer ist als die der Normalthermometer, ohne wesentlichen Einfluß bleibt.

201. **Eichgesetz für Fieberthermometer.** (F. Henning, H. Ebert.) In Fortsetzung der Eingliederung der Fieberthermometerprüfung in das Maß- und Gewichtsgesetz vom 13. Dezember 1935 (mit Änderung vom 18. Mai 1936 nebst Ausführungsverordnung vom 20. Mai 1936) sind, in Zusammenarbeit mit dem Sachbearbeiter für formale Bearbeitung der Verordnungen der Reichsanstalt auf dem Gebiete des Eichwesens (Schönherr), die Eichordnung für Fieberthermometer (als Achte Verordnung über Änderung der Eichordnung vom 12. September 1937) und die dazu gehörigen Instruktionen (als Instruktion XI A) fertiggestellt und verkündet worden. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 6.)

202. **Systematische Untersuchungen an Fieberthermometern.** (H. Ebert.) Die systematischen Untersuchungen, die sich vor allem auf das Arbeiten der Maximumvorrichtung erstreckten, haben ergeben, daß es notwendig ist, die Stengel der Stabthermometer aus Glas der 3. hydrolytischen Klasse nach Mylius herzustellen. Eine entsprechende Bestimmung unter Einbeziehen auch der Einschlußthermometer ist daher in die Eichordnung für Fieberthermometer aufgenommen worden. Diese Untersuchungen sowohl, wie auch solche über das Verhalten des für die Herstellung von Fieberthermometern verwendeten Glases, werden fortgesetzt.

203. **Ausdehnung von Aluminium- und Magnesiumlegierungen.** (H. Ebert.) Die lineare Ausdehnung im Temperaturbereich 0 bis 400 (bzw. 500)° C von Duraluminium, Elektron, Magnewin, BS-Seewasser und Lautal ist relativ zu Quarz unter Verwendung einer Meßuhr mit Entlastungsvorrichtung gemessen worden. Die Ergebnisse sind veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 100.)

204. **Ausdehnung von Rhodium.** (H. Ebert.) Mit der Chevenardschen Anordnung ist die lineare Ausdehnung relativ gegen Quarz von 20 bis 1000°, in der Prüfanordnung für sehr hohe Temperaturen (Ofen aus Nernstscher Masse) relativ gegen Sinterkorund von 1000 bis 1500° C bestimmt worden. Die Ergebnisse sind mit denen unter Nr. 203 veröffentlicht.

205. **Ausdehnung von Kunststoffen.** (H. Ebert.) Gegen Glas 59^{III} ist unter Verwendung einer Meßuhr und einer Entlastungsvorrichtung die lineare Ausdehnung (meistens zwischen 0 und 70° C) von 50 Kunststoffarten gemessen worden.

206. **Ausdehnung hochschmelzender Oxyde.** (H. Ebert, C. Tingwaldt.) Die Versuche über Beobachtung der Ausdehnung und Sinterung von Thoroxyd, Zirkonoxyd und Nernstscher Masse sind fortgesetzt worden. Es ist untersucht, ob die Ausdehnung durch die Vorbehandlung geändert wird, insbesondere dann, wenn die Oxyde vorher geschmolzen wurden. Röntgenaufnahmen (Nitka) an geschmolzenem Zirkonoxyd haben eine Verkleinerung der Kristallite um etwa 2 Zehnerpotenzen gegenüber dem nichtgeschmolzenen Oxyd ergeben. Bei Thoroxyd zeigt das Röntgenbild keinen Unterschied.

207. **Druckwaage bis 10000 kg*/cm².** (H. Ebert, J. Gieleßen.) Bei Erzeugung von Drucken über 8000 kg*/cm² haben sich wiederum Materialschwierigkeiten ergeben, die den Ersatz einiger Teile der Druckpresse und der Druckwaage notwendig machten. Für die Festlegung einer Druckskale zwischen 5000 und 10000 kg*/cm² sind Widerstandsmanometer aus Manganin vorgesehen. Es sind systematische Untersuchungen begonnen, die den Einfluß einer Wärme- und Druckalterung der Widerstandsmanometer erfassen sollen.

208. **Systematische Untersuchungen bei hohen Drucken.** (H. Ebert, A. Kußmann.) Die Ergebnisse der Untersuchungen der Druckabhängigkeit der Magnetisierung verschiedener Legierungsreihen sind veröffentlicht (Verz. d. Veröffentl. Nr. 101). Die Versuche über die Druckbeeinflußbarkeit des Curiepunktes sind abgeschlossen. Dabei zeigte es sich, daß eine Aussage über die Druckabhängigkeit der Magnetisierung auch bei tieferen Temperaturen (−100° C) für die Deutung der Ergebnisse wünschenswert war. Eine entsprechende Meßeinrichtung wurde gebaut, die Messungen durchgeführt. Die Veröffentlichung der Ergebnisse wird vorbereitet.

209. **Untersuchung über Vakuummeter.** (J. Gieleßen.) Die Untersuchung des thermomolekularen Effektes nach Knudsen wurde wieder aufgenommen. Als druckanzeigende Geräte wurden Wärmeleitungs-Vakuummeter benutzt, die dünne Nickelbändchen (0,009 × 0,12 mm², 4 Stück hintereinandergeschaltet mit einer Gesamtlänge von etwa 32 cm) enthielten. Die Widerstandsänderung bei konstantem Strom wurde mit dem Kompensationsapparat gemessen. Diese Vakuummeter befanden sich in einem Bade von flüssigem Stickstoff, wodurch in bekannter Weise der Vorteil kleiner Strahlungsverluste erzielt wird. Mit Hilfe von Kupfer-Glasanschmelzungen waren die Geräte so gebaut, daß man sie leicht auseinandernehmen konnte. Diese Vakuummeter wurden mit Mac Leods geeicht, ergaben eindeutige, reproduzierbare Werte und haben sich im Druckbereich von 10^{-1} bis 10^{-5} mm QS bewährt. Die Entwicklung weiterer Manometer und die Untersuchung des thermomolekularen Effektes ist im Gange.

210. **Feuchtemessungen.** (H. Ebert.) Die mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Auftrag gegebene Klimaanlage (zur Einstellung verschiedener Drucke, verschiedener Feuchtigkeit und Temperatur) ist fertiggestellt. Nachdem Versuche im Sürther Werk der Lindes Eismaschinen-Gesellschaft die grundsätzliche Brauchbarkeit des Gerätes ergeben hatten, wird die Anlage zur Zeit in der Reichsanstalt aufgebaut und erprobt.

211. **Dampfdruck von Wasser zwischen 75 und 135°.** (H. Moser.) Mit einer statischen und einer dynamischen Meßmethode wurden die Dampfdrucke des Wassers in einem Bereich von 300 bis 2300 mm Hg neu bestimmt. Für die statischen Messungen diente eine bereits früher entwickelte

Methode mit Glasmembranmanometer, die einige Verbesserungen erfahren hat. Die dynamischen Messungen wurden mit einem Swietoslawski-Ebulliometer von Dr. A. Zmaczynski vom Physikalisch-Chemischen Institut der Technischen Hochschule Warschau durchgeführt, der zu diesem Zwecke 3 Monate als Gast in der Reichsanstalt tätig war. Beide Methoden ergaben mit wenigen Ausnahmen eine Übereinstimmung innerhalb der Meßgenauigkeit von etwa $\pm 0{,}001°$.

212. **Thermische Eigenschaften des Wasserdampfes.** (W. Koch.) Der Aufbau der Versuchseinrichtung zur Bestimmung der spezifischen Wärme, des Joule-Thomson-Effektes und der isothermen Drosselung des überhitzten Wasserdampfes geht seiner Vollendung entgegen. Das für die Untersuchung erforderliche Meßgerät für Druckdifferenzen bis zu 2 kg*/cm² bei absoluten Drucken bis 300 kg*/cm² ist fertiggestellt.

213. **Untersuchung von Normalsubstanzen für kalorimetrische Zwecke.** (H. Moser.) Es wurde mit dem Bau eines neuen Unterwasserkalorimeters für genaue Messungen der Verbrennungswärme fester und flüssiger Substanzen begonnen. Mit diesem Kalorimeter sollen insbesondere die oberen Heizwerte solcher Normalsubstanzen möglichst genau bestimmt werden, die bei der Wasserwertbestimmung von Verbrennungskalorimetern Verwendung finden.

214. **Normung von Heizwertmessungen.** (H. Moser.) Die Reichsanstalt war auf diesem Gebiete bei der Neufassung der Regeln für Abnahmeversuche an Dampfkesseln sowie bei der Neubearbeitung des Normenblattes DIN DVM 3716 beteiligt. In beiden Fällen sind Verbesserungen vorgeschlagen und angenommen worden, die den neueren Erfahrungen und Bedürfnissen auf dem Gebiete der Heizwertmessung Rechnung tragen.

215. **Kalorische Eigenschaften der Gase.** (E. Justi.) Auf Wunsch verschiedener Dienststellen und Industrieunternehmen wurden umfangreiche Zahlentafeln für die spezifische Wärme, Entropie, Enthalpie, freie Enthalpie und Dissoziation technischer Gase in Abhängigkeit von Druck, Volumen und Temperatur ausgearbeitet, die in Buchform erschienen sind (Verz. d. Veröff. Nr. 127). Im Zusammenhang damit wurden thermodynamische Fragestellungen der chemischen und Motoren-Industrie bearbeitet.

216. **Wärmeleitzahl von keramischen Stoffen, Wärmeschutzstoffen und ähnlichen Materialien bei hohen Temperaturen.** (W. Koch.) Mehrfachen Anfragen der Technik entsprechend wurde eine Versuchseinrichtung aufgestellt, die die Bestimmung der Wärmeleitzahl fester Stoffe bis zu 800° zu messen gestattet. Versuche mit Probekörpern aus Porzellan und Kieselgursteinen sind nahezu abgeschlossen.

217. **Wärmeleitzahl von Kohle.** (W. Koch, W. Fritz.) Im Laufe des Jahres wurden von mehreren Zechen durch Vermittlung des Reichskohlenrates größere Proben von 13 verschiedenen Steinkohlensorten aus verschiedenen Schächten und Flözen eingesandt. Von sämtlichen genau definierten Proben wurden außerdem die chemischen Untersuchungsbefunde, Immediatanalyse, Angabe der flüchtigen Bestandteile usw. beschafft. Es war in allen Fällen möglich, aus den angelieferten Kohlenstücken die für die Wärmeleitfähigkeitsmessung nötigen Probekörper, nämlich zylindrische Scheiben von 100 mm Durchmesser und rund 10 mm Dicke herzustellen. Für eine Kannelkohle der Gelsenkirchener Bergwerks A.-G., die das Raumgewicht 1180–1245 kg/m³ hat, wurde die Wärmeleitfähigkeit bei 30° C zu $\lambda = 0{,}23$ kcal/mh Grad ermittelt. Die Untersuchung der weiteren Kohlesorten ist in Angriff genommen.

218. **Wärmeleitzahl von Quecksilber.** (W. Koch, F. Homann.) Für die Bestimmung der Wärmeleitzahl von Flüssigkeiten wird eine Versuchseinrichtung entwickelt, die für Temperaturen bis 400° und für Drucke bis 200 kg*/cm² ausreicht. Zunächst soll die Wärmeleitzahl von Quecksilber bestimmt werden, die bei der Beurteilung des Verdampfungsvorgangs von Quecksilber (vgl. Nr. 219) eine maßgebliche Rolle spielt. – Die Untersuchung der Wärmeleitzahl weiterer technisch wichtiger Flüssigkeiten ist in Aussicht genommen.

219. **Wärmeübergang an siedende Flüssigkeiten.** (W. Fritz, F. Homann.) Die bisherigen an der Reichsanstalt experimentell gefundenen Ergebnisse über den Wärmeübergang an siedende Flüssigkeiten, besonders an Wasser von 100° C, wurden neu überarbeitet und zusammen mit den von anderen Forschern (hauptsächlich von deutscher und amerikanischer Seite) erhaltenen Ergebnissen einheitlich und zusammenfassend dargestellt. Hierbei zeigte sich u. a., daß die an waagerechten Platten in kleinen Laboratoriumseinrichtungen ermittelten Wärmeübergangszahlen mit den an Pfannen in Großversuchen der Praxis ermittelten Zahlenwerten ausgezeichnet übereinstimmen. Die Ergebnisse sind veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 125.)

Die bisherigen Versuche zur Bestimmung des Wärmeübergangs von einer waagerechten Heizfläche an verdampfendes Quecksilber zeigten, daß an der Versuchseinrichtung noch einige Umänderungen vorgenommen werden mußten. Diese Änderungen betrafen einmal die Art der

Temperaturmessung, sodann die Art der Wärmezufuhr an die verdampfende Heizfläche und die sichere Bestimmung der Wärmeverluste. Die Versuche werden weitergeführt.

220. **Zähigkeit von Wasserdampf.** (W. Fritz.) Mit der früher beschriebenen Versuchseinrichtung wurden Vorversuche zu Ende geführt, welche ein Bild über die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des Verfahrens ergeben sollten. Diese Vorversuche zeigten u. a., daß sehr hohe Anforderungen an die mechanische Präzision des Schwingungsgerätes (z. B. Ebenheit der schwingenden Scheibe, Genauigkeit der Justierung) gestellt werden müssen, um sichere Ergebnisse zu erhalten. Nach einigen Verbesserungen in dieser Richtung genügt nun die Apparatur den an sie gestellten Anforderungen: die Schwingungszeit kann auf etwa $^1/_2$ v. T., das Verhältnis der Schwingungsamplituden auf wenige Zehntel v. T. genau gemessen werden. Zur Zeit wird mit Hilfe einer neu eingerichteten Pumpenanordnung die Abhängigkeit der Zähigkeit vom Druck unterhalb von 1 Atm untersucht.

221. **Internationaler Vergleich von Zähigkeitsmessern.** (S. Erk, H. Eck.) Mit einem vom Bureau of Standards der Reichsanstalt übersandten Petroleumöl wurden die Korrekturen des Normal-Sayboltviskosimeters der Reichsanstalt gegenüber dem im Jahre 1937 geänderten Normal des Bureau of Standards bestimmt.

Der Bericht über die internationale Umrechnung von Zähigkeitsmaßen (vgl. Tätigkeitsbericht 1936, Nr. 198) wurde veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 103.)

222. **Zähigkeitsmessungen mit dem Fundamentalviskosimeter.** (S. Erk, A. Schmidt.) Zur Erweiterung des Meßbereiches wurden zwei Kapillarsätze von 0,5 und 1,0 mm lichter Weite nach dem bisherigen Verfahren (vgl. Tätigkeitsbericht 1936, Anhang Nr. 67) ausgemessen und der mittlere Radius aller Kapillarsätze nach einem verbesserten Verfahren durch Auswägen mit Quecksilber mit einer Genauigkeit von $\pm 0{,}1\,\mu$ neu bestimmt. Somit stehen 5 Kapillarsätze mit etwa 0,5, 1,0, 1,5, 2,3 und 3,0 mm lichter Weite zur Verfügung.

Ferner wurde die Zähigkeit von 7 Normalölen in dem Bereich von 20–80° C gemessen und hierbei eine Übereinstimmung von $\pm 0{,}15$ bis 0,2 v. H. zwischen den mit je 2 bzw. 3 verschiedenen Kapillarsätzen erhaltenen Zähigkeitszahlen eines Normalöles gefunden.

Wiederholte, über 2 Jahre sich erstreckende Kontrollmessungen an mehreren Normalölen zeigten keine meßbare Änderung der Zähigkeit mit Ausnahme eines elektrisch polymerisierten Öles, dessen Zähigkeit in der Beobachtungszeit um 2 bis 3 v. H. abgenommen hat.

223. **Absolutviskosimeter für höhere Temperaturen.** (S. Erk, H. Eck.) Um technische Viskosimeter auch bei höheren Temperaturen prüfen zu können, wurde ein Viskosimeter entworfen, mit dem unter Verwendung der Kapillaren des Fundamentalzähigkeitsmessers Normalöle bei Temperaturen bis etwa 200° untersucht werden können. Das Gerät besteht aus einem Vorratsgefäß für Öl, an dem unten die 20 cm lange, senkrecht angeordnete Meßkapillare sitzt, die in ein zweites Gefäß mündet. Die Differenz zwischen dem durch Überlauf konstant gehaltenen unteren Ölspiegel und dem veränderlichen oberen Ölspiegel wird mittels eines Kathetometers bestimmt. An das Viskosimeter kann außerdem ein beliebiger konstanter Unter- oder Überdruck angelegt werden. Durch geeignete Wahl der Kapillardurchmesser wird die Hagenbachsche Korrektur unter 1 v. H. des Zähigkeitswertes gehalten. Die ganze Anordnung ist in einem elektrisch beheizten Aluminiumzylinder als Temperaturbad untergebracht. Die Temperaturen werden an mehreren Stellen mit Thermoelementen gemessen. Mit der Fertigstellung des außerhalb der Reichsanstalt angefertigten Gerätes ist für die nächste Zeit zu rechnen.

224. **Verhalten von Schmierölen bei tiefen Temperaturen.** (S. Erk.) Eine mikroskopische Untersuchung des Erstarrungsvorganges von Mineralölen zeigte, daß der Stockpunkt zusammenfällt mit dem Beginn des Auskristallisierens von Paraffin. Neben dem Stockpunkt, der als Gefahrengrenze für das Anlassen und den sicheren Betrieb von Maschinen wichtig ist, muß aber auch noch, als Ergänzung der zur Zeit üblichen Ölprüfung, der Fließwiderstand der Öle nach Überwindung des Anlaßwiderstandes gemessen werden. Die mikroskopische Untersuchung ließ erkennen, daß die mechanische Verflüssigung eine Folge der Zerstörung des ausgeschiedenen Paraffinkristallskelettes ist. Die Fließfestigkeit und der Fließwiderstand eines deutschen Schmieröles wurden in Abhängigkeit von Temperatur und Schergefälle mittels eines Kapillarviskosimeters mit veränderlichem Druck gemessen. Nach Zerstörung des Kristallskelettes besitzt das Öl keine Fließfestigkeit mehr, aber sein Fließwiderstand ist abhängig vom Schergefälle. Eine befriedigende Kennzeichnung des Kälteverhaltens von Schmierölen läßt sich nur durch Messung der Fließfestigkeit und des Fließwiderstandes in Abhängigkeit von Temperatur und Schergefälle erreichen. Eine dafür geeignete Versuchseinrichtung wurde entwickelt. Der Bericht über die Untersuchung wurde dem zweiten Welt-Erdöl-Kongreß in Paris eingesandt und veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 102.)

225. Untersuchung von Stockpunktserniedrigern. (S. Erk, W. Holzmüller.) Die mikroskopische Untersuchung des Erstarrungsvorganges zeigte, daß Stockpunktserniedriger (Paraflow) nicht die Ausscheidungstemperatur des im Öl enthaltenen Paraffins herabsetzen. Dagegen verringern die Zusätze die Festigkeit des Paraffinkristallgefüges und damit den Fließwiderstand des Schmieröles. Weitere Untersuchungen über die Wirksamkeit von Stockpunkterniedrigern insbesondere über ihre Anreicherung in bestimmten Teilen der erstarrenden Ölmenge sind noch nicht abgeschlossen.

226. Konsistenzmessung von Schmierfetten. (S. Erk, H. Eck.) Mit einer neuen Versuchseinrichtung wurde die zwischen dem wirksamen Druck und der mittleren Fließgeschwindigkeit in der Kapillare bestehende Beziehung für verschiedene Fette ermittelt; dabei wurden Kapillaren von 25, 50 und 100 mm Länge sowie 4 und 7 mm Durchmesser verwendet. Die Versuche werden in einem größeren Druckbereich fortgesetzt und sollen Aufschluß über die Abhängigkeit des Fließwiderstandes von den Kapillarabmessungen, dem Druckgefälle, der Temperatur und der Vorbehandlung des Fettes geben.

Eine weitere neue Versuchseinrichtung, bei der das Fett im Meßzylinder selbst durchmischt und dem Druckkolben auf mechanischem Wege ein innerhalb weiter Grenzen regelbarer konstanter Vorschub erteilt werden kann, wird zur Zeit in Betrieb genommen. Der Apparat ist von einem Luftbad umgeben, das geheizt und durch flüssige Luft abgekühlt werden kann.

227. Untersuchungen über den glasigen Zustand. (H. Ebert, S. Erk, J. Otto.) Die im vorjährigen Bericht (Nr. 177) erwähnten sorgfältig gealterten Proben aus Jenaer Glas 16^{III} wurden mehrmals bis zu Temperaturen oberhalb 510° erwärmt und rasch abgekühlt. Die dadurch neu hervorgerufenen Spannungen wurden mit optischen Methoden dem Vorzeichen und der Größenordnung nach bestimmt (Einsporn). Das Abschrecken bewirkt bei gut gealterten Glasproben eine Verminderung, bei nicht gealterten eine Erhöhung der Dichte (A. Schmidt). Nach diesen Versuchen kann die Dichteänderung lediglich auf die Änderung der Spannungen zurückgeführt werden. Die Untersuchungen werden fortgesetzt mit dem Ziel, die Frage zu klären, ob der Transformationspunkt ein Stoffwert ist oder von der Vorbehandlung der Glasproben abhängt.

228. Mechanische Prüfung von Kunststoffen. (S. Erk, W. Holzmüller.) Unter Verwendung der in der Kunststoffprüfung gebräuchlichen Kugeldruckpresse wurde ein Gerät zur Untersuchung der Festigkeit von Kunststoffen bei höheren Temperaturen entwickelt. Die Vorversuche zeigten, daß bei dem als „Härteprüfung" genormten Meßverfahren der elastische Anteil der Verformung häufig mehrfach so groß ist, als die bleibende Verformung. Diese Prüfung gibt daher ein falsches Bild, da man mit dem Begriff „Kugeldruckhärte" im allgemeinen die Vorstellung einer dauernden Verformung verbindet. Man erhält eine andere, der Wirklichkeit offensichtlich besser entsprechende Einstufung der untersuchten Kunstharzpreßmassen, wenn man statt der Gesamtverformung nur die bleibende (plastische) Verformung der Auswertung der Messung zugrunde legt. Es wurden daher Vorschläge zur Abänderung der Prüfung gemacht, die gleichzeitig den Einfluß der plastischen Nachwirkung berücksichtigen.

229. Dezimalklassifikation. (H. Ebert.) Nach Erledigung einiger noch offener Fragen ist Anfang 1937 die deutsche Ausgabe der Dezimalklassifikation (3. Lieferung (DK 025 · 45 = 3), Abtlg. 5 Mathematik, Naturwissenschaften; 53 Physik, von der Reichsanstalt bearbeitet) erschienen.

230. Prüftätigkeit der Abteilung III.

Laboratorien für allgemeine Thermometrie und Kalorimetrie

1286	(1338)	Feine Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,02 und 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°, hiervon 198 (117) Kalorimeterthermometer,
2044	(1958)	Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,05° und mehr, geprüft in Temperaturen bis 100°,
133	(45)	Siedethermometer für Höhenmessungen,
148	(183)	Beckmannsche Thermometer,
153	(132)	Tiefseethermometer,
1544	(1346)	Hochgradige Thermometer,
161	(101)	Tiefgradige Thermometer, darunter 32 (41) Pentanthermometer für Temperaturen bis −190°.

Von 5469 (5103) nichtärztlichen Thermometern entsprachen 164 (126) nicht den Prüfungsbestimmungen, 10 (21) gingen beschädigt ein, 7 (7) wurden bei der Prüfung beschädigt; im ganzen mußten 181 (154) Thermometer, d. h. 3,3 (3,0) v. H. aller eingereichten nichtärztlichen Thermometer als unzulässig zurückgegeben werden.

17 (10) Widerstandsthermometer,
1 (1) Meßeinrichtung für Widerstandsthermometer,
128 (103) Thermoelemente, darunter 69 (60) aus Platin-Platinrhodium, 2 (3) aus Platin-Platinrhenium, 2 (0) aus Pallaplat, 3 (4) aus Konstantan-Silber, 18 (5) aus Konstantan-Eisen, 8 (10) aus Konstantan-Kupfer, 21 (19) aus Nickel-Chromnickel, 4 (0) aus Nickel-Chromnickel-Eisen, 1 (0) aus Nickel-Eisen,
27 (36) Thermoelemente verschiedener Legierungen teils mit Ablesegalvanometer (für Laboratorien der Reichsanstalt),
27 (21) Millivoltmeter für thermoelektrische Zwecke,
23 (30) Schreibthermometer für Molkereibetriebe, davon 1 (2) für die Systemprüfung, 4 für Ergänzungsprüfung,
27 (16) Wasserwertbestimmungen von Verbrennungskalorimetern,
15 (19) Heizwertbestimmungen,
21 (6) Bestimmungen von spezifischer Wärme,
31 (61) Hochgradige Thermometer mit Argon gefüllt,
8 (0) Ausdehnungsbestimmungen an Flüssigkeiten,
20 (0) Thermographen für meteorologische Zwecke, Temperaturbestimmung an 6 Pegelgeräten, Prüfung einer Trockenhaube mit Warmluftdusche, Untersuchung eines Thermometerglases, Untersuchung des Erweichungsvorganges bei zwei Asphaltproben.

Prüfung nichtärztlicher Thermometer beim Thüringischen Staatsprüfamt Ilmenau

3610 (4460) Laboratoriumsthermometer bis 100°, davon 3395 zulässig,
3377 (2930) Laboratoriumsthermometer über 100°, davon 3064 zulässig,
1131 (897) Meteorologische Thermometer, davon 1083 zulässig,
988 (397) Gewerbliche Thermometer, davon 934 zulässig,
188 (186) Thermometer für den häuslichen Gebrauch, davon 172 zulässig.
Künstlich gealtert wurden 279 (211), unter Druck gefüllt wurden 6255 (5251) Thermometer.

Laboratorium für Fieberthermometrie

Im Laufe des Jahres ist die Zahl der zu eichenden Fieberthermometer im Verhältnis zum vorigen Jahre um 9 v. H. gestiegen.

Übersicht über die vom 1. Januar bis 31. Dezember 1937 zur Eichung eingereichten Fieberthermometer (einschließlich der in den Eichämtern für Fieberthermometer in Ilmenau und Zerbst geprüften Instrumente)

	PTR	Thüringisches Eichamt für Fieberthermometer	Anhaltisches Eichamt für Fieberthermometer	Summe
Einschlußthermometer	244167	4762877	509845	5516889
Stabthermometer	67140	1546556	2819	1616515
Also insgesamt	311307	6309433	512664	7133404
(1936)	(286150)	(5550414)	(508250)	(6344814)
Davon erhielten auf Antrag:				
Einen Stempel	298218	5977142	475858	6751218
Keinen Stempel	—	130640	25552	156192
Unzulässig (in v. H.)	3,9 (3,8)	2,9 (2,8)	2,1 (2,6)	2,9 (2,8)

Laboratorium für Strahlungsthermometrie

29 (15) Bandlampen, davon 11 (8) mit Projektionslinsen, 1 (0) mit besonderem Rot- und Grünfilter, 2 (1) zur Bestimmung der spektralen Intensitätsverteilung im sichtbaren Spektralgebiet,
1 (0) Wechselstrombügellampe für hohe Temperaturen,
1 (0) Projektionslampe zur Bestimmung der spektralen Intensitätsverteilung im sichtbaren Spektralgebiet,

5 (12) Glühfadenpyrometer mit 8 (15) Glühlampen, 9 (8) Rauchgläsern und mit 1 (0) Prisma,
1 (1) Mikropyrometer mit 1 (1) Glühlampe und 2 (0) Rauchgläsern,
4 (7) Ausschlaginstrumente zur Temperaturmessung,
3 (0) Schmelzpunktsbestimmungen an Aschenproben,
10 (6) Silitstäbe (Strombelastung zur Erzielung bestimmter schwarzer Temperatur).

Laboratorium für Druck und Ausdehnung

40 (30) Quecksilberbarometer,
3 (8) Aneroidbarometer,
515 (119) Manometer für Messungen bis 7000 kg*/cm^2,
111 (119) Tiefsee-Umkippthermometer mit geschlossenem Schutzrohr,
12 (35) Tiefsee-Umkippthermometer mit offenem Schutzrohr,
1 (2) Thermo-Hygrograph,
70 (16) Stoffe auf Ausdehnung,
9 (13) Zugmesser,
20 (0) Hygrographen,
5 (0) Hygrometer,
2 (0) Druckproben an Druckröhren,
1 (0) Bestimmung des Druckkoeffizienten des elektrischen Widerstandes (Widerstandsmanometer),
1 (0) Dichtungsmittel,
1 (0) MacLeodsches Vakuummeter.

Laboratorium für Wärmetechnik

4 (2) Bestimmungen der Wärmeleitzahl von Flüssigkeiten,
2 (0) Bestimmungen der Wärmeleitzahl von Metallen,
19 (0) Bestimmungen der Wärmeleitzahl von sonstigen Stoffen.

Laboratorium für Viskosimetrie und Erdölapparate

117 (160) Zähigkeitsmesser für empirisches Maß (Englergrade), darunter 9 (17) mit Zehntelgefäß, 0 (2) vierfache, 1 (1) zweifacher,
277 (311) Kapillaren zum Zähigkeitsmesser nach Vogel-Ossag,
6 (1) Zähigkeitsmesser nach Höppler mit zusammen 30 (5) Fallkugeln,
9 (4) Zähigkeitsmesser nach Ubbelohde,
8 (1) Flüssigkeitsproben zur Prüfung von Zähigkeitsmessern,
16 (21) Petroleumprober,
18 (25) Flammpunktprüfer nach Pensky-Martens,
22 (36) Flammpunktprüfer mit offenem Tiegel nach DIN DVM 3661,
2 (3) Siedeapparate für Mineralöle,
14 (6) Bestimmungen der Zähigkeit und Dichte von Mineralölen,
1 (1) Bestimmung der Viskositätspolhöhe von Mineralölen,
4 (3) Stockpunkts- und Flammpunktsbestimmungen.

Abteilung IV (Optik)

231. Strahlungsempfänger. (E. Lau, H. Theissing.) Es wurden die Empfindlichkeit verschiedener Strahlungsempfänger sowie die Nullpunktsruhelage des angeschlossenen Galvanometers verglichen. Lineare Vakuumthermoelemente zeigten dabei große Vorzüge; auf einen Nachteil, der mit der ungleichmäßigen Empfindlichkeit in der Streifenlängsrichtung zusammenhängt („Lötstelle" in der Mitte!), wurde näher eingegangen. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 134.)

232. Bolometer. (H. Theissing.) Ein Luftbolometer mit oder ohne Quarzfenster kann mit der Raumtemperatur im Tagesverlauf periodisch seine Empfindlichkeit um einige % ändern. 4 bis 5° Raumtemperaturänderung riefen bei einem näher untersuchten Instrument trotz der doppelten Kupferpanzerung Empfindlichkeitsänderungen von etwa 3 bis 4 v. H. hervor. Die Temperaturänderung wurde bei allseitig geschlossenem Bolometer aus den zu verschiedenen Tageszeiten

verschiedenen Einstellungen des Nebenschlußwiderstandes zu einem Bolometerzweig berechnet und mit den Aufzeichnungen eines Thermographen in Übereinstimmung gefunden. Die mit dieser Temperaturänderung berechnete Empfindlichkeitsänderung stimmte größenordnungsmäßig mit dem beobachteten Wert überein; auch die absolute Empfindlichkeit, berechnet aus den Material- und Betriebsdaten des Bolometers, waren mit dessen gemessenem Eichwert soweit in Übereinstimmung, wie man die Daten der Empfängerfläche (Schwärzung usw.) kennt[1]). Die Beobachtungen der Empfindlichkeitsbeeinflussung durch Änderung der Raumtemperatur werden auf andere Strahlungsempfänger bzw. deren Wärmeschutzhüllen ausgedehnt.

233. **Untersuchung der Strahlungseigenschaften von Materialien, insbesondere im Ultraviolett.** (H. Theissing, M. Goebert.) Es wurden wechselstromgespeiste Kleinquecksilberhochdrucklampen mit verschiedenem Betriebsdruck auf ihre Intensität hin verglichen (etwa 230–290 mμ) im Hinblick auf beste Eignung für Monochromatorbeleuchtung. Es ergab sich im Druckbereich von 5 bis 10 Atm kein großer Unterschied in der Intensität. Bei der Messung des Intensitätsverlaufes einiger Linien (namentlich 257 mμ) zeigten sich jedoch interessante Abweichungen bei verschiedenen Drucken.

234. **Messungen an Quecksilberlampen.** (H. Theissing, M. Goebert.) Im Hinblick auf die bevorstehende absolute Intensitätsmessung der UV-Normallampe wurde eine Kammer hergestellt, welche die durch das kurzwellige UV gebildeten Gase von der Zimmerluft fernhält, was für die längere Zeit erfordernden Vergleichsmessungen von Bedeutung sein dürfte. Die Kammer ist zu der im Vorjahre beschriebenen Gesamtstrahlungsmeßanordnung passend aufgestellt, um Vergleichsmessungen zu ermöglichen. Die Normallampe ist in der Kammer um ihre Achse drehbar angeordnet. Die Kammerwand trägt vorn den zur Ausgrenzung einer *Hg*-Linie erforderlichen Filtersatz sowie an der Rückseite einen geschwärzten zylindrischen Ansatz zur Vermeidung von Hintergrundreflexionen.

235. **Abbildung des Monochromatorspaltes auf Thermoelementen.** (W. Leo.) Da aus Gründen der Empfindlichkeit und guter Nullpunktslage überwiegend dünnfädige Thermoelemente zur Strahlungsmessung auch im Ultrarot benutzt werden, mußte auf gute achromatische Strahlenvereinigung des aus dem Monochromator austretenden Lichtbüschels insbesondere beim Vergleich verschiedener Empfänger besonderes Augenmerk gerichtet werden. Zur Verwendung auch hinter Steinsalzoptik wurde hierzu nach einigen Vorversuchen eine geeignete Spiegeloptik entwickelt, die bei gleichem Lichtweg zwei verkleinerte Bilder des Austrittsspaltes des Monochromators an zwei Punkten liefert, so daß ein Empfindlichkeitsvergleich zwischen 2 Empfängern ohne deren Verschiebung möglich ist.

236. **Spektrale Meßeinrichtung.** (M. Goebert.) Für die abwechselnde Vergleichung zweier Empfänger im spektralen Licht (z. B. hinter einem Monochromator) wurde eine Verschiebungsvorrichtung mit Anschlägen entwickelt, bei der beide Vergleichsempfänger in allen drei zueinander senkrecht stehenden Richtungen justierbar sind. Die Anschläge stellten sich bei wiederholter Nachprüfung mittels eines Mikroskops auf $^1/_{100}$ mm genau ein.

237. **Spektrale Energieverteilung im Ultrarot.** (H. Theissing.) Für die angenäherte Ermittlung der spektralen Energieverteilung einer Ultrarotstrahlungsquelle wurde die Kurve eines Graustrahlers gleicher Temperatur durch das gemessene Verhältnis der Strahlung bei 5 Filterbereichen bekannter Durchlässigkeit im Gebiet 1 bis 15 μ korrigiert. Eine spektrale Messung wäre wegen der nicht auf einen Spalt abbildbaren Form des Strahlers sowie wegen der unbekannten Durchlässigkeitswerte von Spektrometer und Abbildungsoptik auf große Schwierigkeiten gestoßen.

238. **Messung spektraler Durchlässigkeit und diffuser Reflexion.** (E. Lau, W. Leo.) Eine Reihe von Filtersubstanzen und Folien wurde auf ihre spektrale Durchlässigkeit im ultravioletten, sichtbaren und ultraroten Gebiet untersucht. Weiterhin wurden geeignete Einrichtungen zur Messung der diffusen Reflexion ebener Flächen entwickelt und spektrale Reflexionsmessungen ausgeführt.

239. **Steigerung des Auflösungsvermögens.** (E. Lau.) Das Auflösungsvermögen guter optischer Systeme galt bekanntlich bisher als begrenzt durch die Fraunhofersche Beugung. Diese Grenze läßt sich jedoch sogar bei Erhaltung eines objektähnlichen Bildes überschreiten, wenn man der Fraunhoferschen Beugung eine besondere, neuartige Beugungserscheinung überlagert. Die Erkenntnis wurde auf Fernrohr und Mikroskop praktisch angewandt. (Verz. d. Veröffenl. Nr. 131.)

240. **Ultraviolett-Halbschattenpolarimeter.** (E. Einsporn.) Die für diesen Apparat von der herstellenden Firma Franz Schmidt & Haensch in Berlin vorgesehene Kalkspatoptik wurde vor ihrem endgültigen Einbau auf ihre gute Durchlässigkeit geprüft.

[1]) Eine andere Behandlung des Temperatureinflusses beim Bolometer findet sich bei Valentiner, Ann. d. Phys. (4) **31**, 291, 1910.

241. Internationaler Austausch von Normalquarzplatten. (E. Einsporn.) Auf der letzten Tagung der Internationalen Kommission für Einheitliche Methoden der Zuckeruntersuchung war auf Vorschlag der Reichsanstalt beschlossen worden, daß die führenden Staatsinstitute ihre Kontrollplattensätze austauschen und somit die von ihnen angewendeten Methoden zur Bestimmung von Normalquarzplatten bei Verwendung der Natrium-Kleinlampe untereinander überprüfen. Für die Reichsanstalt wurde aus bestem Quarz, den die Firma B. Halle Nachf. in Berlin-Steglitz in dankenswerter Weise zur Verfügung stellte, das optisch reinste Material in zeitraubenden Untersuchungen herausgefunden und aus ihm ein gleichmäßig abgestufter Satz von $+25°$ S bis $+100°$ S mit den dazugehörigen Fassungen von der genannten Firma hergestellt. Er ist bis auf die bezüglichen Drehungen bereits geprüft.

242. Die Lichtdurchlässigkeit von Glimmer und Gips (E. Einsporn, W. Schön) wurde an einer je 1 mm dicken Platte bestimmt, wobei die Glimmerplatte nach der Schönrockschen Anordnung zwischen schwach keilförmigen, aber geradsichtigen achromatischen Glasplättchen gekittet war, um alles störende reflektierte Licht aus dem Strahlengang herauszuführen. Während bei Gips die reine Absorption, bezogen z. B. auf $\lambda = 5461$ Å, noch unter 2 v. H. verblieb, stieg sie beim Glimmer auf 69 bzw. 75 v. H. an, wobei der letzte Wert für die zur Ebene der optischen Achsen senkrechte Schwingung gilt.

243. Kompensatormessungen. (O. Schönrock a. G., R. Segeletz.) Schon frühere Untersuchungen im Laboratorium für Polarimetrie hatten starken Dichroismus des Glimmers bereits für sichtbares Licht ergeben. Diese Erscheinung erklärten französische Forscher (Bruhat und Mitarbeiter) nach ihren Messungen ausschließlich als Folge des im Glimmer mehrfach reflektierten Lichtes. Die Unrichtigkeit dieser Ansicht beweisen die obigen, unter Ausschaltung der mehrfachen Lichtreflexion am Glimmer ausgeführten Bestimmungen der Absorption, die demnach selbst in den für Kompensatoren zu benutzenden äußerst dünnen Plättchen von nur 0,005 bis 0,01 mm Dicke durchaus nicht zu vernachlässigen ist. Umfangreiche Untersuchungsreihen mit einem Quarz-Halbschattenkompensator und einem Braceschen Glimmerkompensator erwiesen denn auch die Unbrauchbarkeit des Glimmers für Präzisionsmessungen. Da die Verhältnisse gegenüber Glimmer beim Gips um ein Vielfaches günstiger liegen, obwohl hier aus Gründen der Herstellung dickere Plättchen von etwa 0,06 mm Dicke zu verwenden sind, wird zur Zeit geprüft, ob mit solchen bereits beschafften Gipsplättchen auszuführende Bestimmungen von Phasendifferenzen zu einwandfreien Ergebnissen führen.

244. Untersuchung auf Ebenheit. (E. Einsporn.) Die von der Reichsanstalt benutzten Methoden zur Bestimmung der Ebenheit von Feinschliffen für optische Zwecke wurden in einer zusammenfassenden Darstellung veröffentlicht. (Verz. d. Veröffentl. Nr. 135.)

245. Zur Messung der Rundheit von Stahlkugeln (E. Einsporn, W. Schön) wurde die von Schönrock und Einsporn entwickelte Methode verbessert. Es wurden Erzeugnisse des Jahres 1929 von 11 Firmen des In- und Auslandes und solche von deutschen Herstellern aus dem Berichtsjahre geprüft, und zwar je 4 verschiedene Sorten von 3 bis 13 mm Durchmesser, insgesamt fast 1500 Kugeln. Der erforderliche Genauigkeitsgrad von $\pm$ 0,001 mm wurde im allgemeinen erfüllt. Für in Deutschland vor etwa 9 Jahren angefertigte Kugeln ergab die Prüfung keine wesentliche Änderung dieses Genauigkeitswertes. Die Methode erweist sich als ein nützliches Mittel zur Bewertung der bei der Kugelherstellung gebrauchten Lehren und Auswahlordnungen. Ferner konnte in einem besonderen Falle, für welchen Kugeln allerbester Rundheit und gleicher Dicke gefordert wurden, die Leistungsfähigkeit der heimischen Industrie bestätigt werden: die Genauigkeit betrug einige zehntausendstel Millimeter. Fragen nach den Einflüssen auf Kugel- oder Kugellagerunrundheiten können somit durch Anwendung der Methode eine entscheidende Klärung erfahren. Eine ausführliche Mitteilung ist vorbereitet.

246. Streulichtuntersuchungen. (E. Einsporn, R. Segeletz.) Es wurde eine Anordnung zum Studium des Plotnikowschen Volumeneffektes eingerichtet und optisch einwandfrei fertiggestellt.

247. Arbeiten mit der **Kathodenzerstäubung** (A. Wetthauer) wurden laufend ausgeführt.

248. Die photographischen Arbeiten (A. Wetthauer) für den allgemeinen Bedarf der Reichsanstalt sind weiter angewachsen.

249. Durchlässigkeitsbestimmungen von Filtern und Glasproben im gesamten Spektralgebiet (A. Wetthauer) wurden in annähernd gleicher Anzahl ausgeführt.

250. Prüfung von optischen Systemen im sichtbaren Gebiet. (A. Wetthauer.) Die Zahl der auf Abbildungsfehler geprüften optischen Systeme hat sich vermehrt.

251. Prüfung von optischen Systemen im ultraroten Gebiet. (A. Wetthauer.) An einer Anzahl von optischen Systemen wurden Untersuchungen der chromatischen und sphärischen Aberration im ultraroten Spektralgebiet ausgeführt.

252. **Entwicklung von Prüfgeräten.** (A. Wetthauer.) Prüfgeräte für optische Instrumente und optische Justiervorrichtungen wurden ausgearbeitet.

253. **Internationale Lichteinheit.** (W. Dziobek.) Auf der im Juni 1937 abgehaltenen Tagung des *Comité International des Poids et Mesures* wurde die Einführung einer neuen, auf der Strahlung des Schwarzen Körpers beruhenden Lichteinheit beschlossen. Die neue Lichteinheit, bezeichnet als „Neue Kerze", ist dadurch definiert, daß die Leuchtdichte des Schwarzen Körpers bei der Temperatur erstarrenden reinen Platins 60 Neue Kerzen/cm² beträgt. Die Einführung der „Neuen Kerze" erfolgt am 1. Januar 1940. Von diesem Zeitpunkt an werden die bisher üblichen Einheiten (Hefnerkerze und Internationale Kerze) verlassen.

Der Anschluß elektrischer Glühlampen höherer Farbtemperatur an die „Neue Kerze" soll nach dem Filterverfahren unter Verwendung der seinerzeit von der Reichsanstalt ausgegebenen Filter erfolgen.

Hinsichtlich des Anschlusses anderer farbiger Lichtquellen (z. B. Gasentladungsröhren) an die „Neue Kerze" konnte eine endgültige Einigung dahingehend, daß eine bestimmtes Verfahren vorgeschrieben wird, noch nicht erzielt werden. Es ist lediglich vorgeschrieben worden, daß nur solche Verfahren zulässig sind, die der von der Meterkonvention angenommenen Hellempfindlichkeitskurve des Auges Rechnung tragen.

Die Frage der Festsetzung einer einheitlichen Methode der Überbrückung des Farbensprunges wird dadurch erschwert, daß nach neueren Messungen eine Berichtigung der Internationalen Hellempfindlichkeitskurve notwendig zu sein scheint.

254. **Farbentemperaturskale.** (W. Dziobek, H. Korte.) Es wurde eine Reihe von Glühlampen besonderer Konstruktion an die von der Reichsanstalt aufgestellte Skale angeschlossen. Sensitometerlampen hingegen sind nach wie vor nach der alten Skale geeicht worden, um die Konstanz der DIN-Grade für die Empfindlichkeit photographischer Schichten zu gewährleisten.

255. **Leuchtdichte des Schwarzen Körpers bei der Temperatur des erstarrenden Platins.** (W. Dziobek, H. Willenberg.) Das Ergebnis vorläufiger Messungen stimmt mit den im National Physical Laboratory und im Bureau of Standards ermittelten Werten innerhalb der bisher erreichten Genauigkeit überein. Von der Firma Osram G. m. b. H., Kommanditgesellsch., Berlin, für die Zwecke der neuen Lichteinheit entwickelte Glühlampentypen sind auf ihre Brauchbarkeit untersucht worden. Ein Satz dieser Glühlampen soll in der neuen Lichteinheit geeicht werden.

256. **Prüfung an Luminophoren.** (W. Dziobek, H. Korte.) Es werden zur Zeit die Abklingkurven einer großen Reihe radioaktiver Leuchtmassen aufgenommen. Diese Messungen werden an den Leuchtmassen selber ohne Zusatz von Bindemitteln vorgenommen. Meßreihen an Leuchtmassen, die auf Plättchen aufgetragen waren, haben ergeben, daß das Bindemittel auf den Verlauf der Abklingkurven einen bisher noch nicht geklärten Einfluß ausübt.

257. **Normung photographischen Materials.** (W. Dziobek, H. Korte.) Eine große Reihe von Belichtungsmessern, die von den einschlägigen Herstellerfirmen zur Verfügung gestellt wurden, sind unter gleichzeitiger Anfertigung von Probeaufnahmen miteinander verglichen worden. Ein vertraulicher Bericht über diese Messungen ist den beteiligten Firmen zugestellt worden.

258. **Messungen an maschinell hergestellten Fenster- und Profilgläsern.** (W. Dziobek, H. Korte.) Es wurde die Lichtverteilung hinter Gläsern verschiedener Art gemessen. Die Verhältnisse der natürlichen Beleuchtung bei Sonnenlicht wurden nachgebildet. Es ergab sich, daß die Beleuchtungsstärke hinter derartigen Gläsern unter bestimmten Bedingungen bis auf das Dreifache ansteigen kann. Die an Pflanzen hinter Gläsern vorgekommenen Schädigungen dürften damit erklärt sein.

259. **Laboratorium für verkehrstechnische Lichtmessung.** (E. Spiller, L. Mücke.) Die Einrichtung des Laboratoriums für die Prüfung von Beleuchtungs- und sonstigen optischen Einrichtungen der Kraftfahrzeuge ist durchgeführt worden. Das Laboratorium ist beteiligt an der Ausarbeitung von Vorschriften für die Typisierung dieser Einrichtungen auf Grund der Verordnung über die Zulassung von Personen- und Kraft-Fahrzeugen zum Straßenverkehr (Straßenverkehrs-Zulassungsordnung – StVZO – vom 13. November 1937). Eine Reihe von Versuchen an Automobil- sowie Fahrradscheinwerfern, Kennzeichen, Schlußlichtern und Nummernbeleuchtungen wurde bereits ausgeführt. Es fanden auch Versuche unter Verwendung polarisierten Lichtes statt.

260. **Laboratorium für Rückstrahlermessungen.** (E. Spiller.) Neben den laufenden Prüfungen wurden folgende Arbeiten erledigt: Aufstellung und Eichung einer neuen Prüfeinrichtung für Rückstrahler, Stichproben aus Behördenlieferungen, insbesondere für Sicherungsanlagen auf Reichsautobahnen. Im Einvernehmen mit dem Herrn Reichs- und Preußischen Minister des Innern wurden schärfere optische Bedingungen für rote Rückstrahler sowie optische und mechanische Vorschriften für gelbe Rückstrahler an den Tretteilen der Fahrräder ausgearbeitet und erlassen. (Entsprechende Mitteilungsblätter sind erschienen.) In Vorbereitung befinden sich neue optische Vorschriften für Reichsautobahnrückstrahler.

261. Prüftätigkeit der Abteilung IV.

Strahlungslaboratorien

714 (601) Registrierphotometrierungen,
80 (0) Photozellen auf Empfindlichkeit im unzerlegten Licht,
8 (13) Photozellen auf spektrale relative Empfindlichkeit,
2 (6) Photozellen auf spektrale absolute Empfindlichkeit in Coul/cal.,
7 (10) Photozellen auf Frequenzabhängigkeit,
1 (2) Bolometer auf Empfindlichkeit,
1 (4) Strahlungsthermoelement auf Empfindlichkeit,
1 (1) Doppelmonochromator bezüglich $\Delta\lambda$-Bereich im Ultrarot,
1 (1) Doppelmonochromator bezüglich Wellenlängeneichung,
3 (3) Eichlampen als Gesamtstrahlungsnormale,
1 (0) Spektralverlauf einer Strahlungsquelle im Ultrarot durch Filtermessungen,
20 (20) Gläser und Folien auf spektrale Durchlässigkeit,
3 (0) Materialien auf Durchlässigkeit in 4 Filterbereichen von 0,4 bis 17 μ,
1 (0) Oberfläche auf spektrale Reflexion.

Laboratorium für Polarimetrie

35 (7) Quarzplatten auf optische Reinheit,
5 (8) Saccharimeter-Quarzplatten auf optische Reinheit, Planparallelismus, Achsenfehler und Drehungswert,
1 (0) Saccharimeter mit Doppel-Quarzkeilkompensation auf Güte,
4 (0) Planprobegläser aus kristallisiertem Quarz auf Ebenheit,
25 (18) Homosilplatten (feingekühltes Quarzglas) auf Spannung,
4 (0) Glasplatten auf Ebenheit, Parallelismus und Spannung,
4 (3) Planprobegläser aus Glas auf Ebenheit,
2 (4) Glasprismen (60°- und 12-Flächen-Prisma) auf Ebenheit der insgesamt 17 Flächen,
9 (0) Rundstäbe aus Glas auf Richtung und Größe der Spannung,
1 (0) Lummer-Gehrcke-Platte auf Brechwerte für 4 Wellenlängen,
15 (0) Objektive auf Spannung,
50 (0) Stahlkugeln auf Güte der Gestalt (Rundheit).

Laboratorium für Bildoptik

Es wurden untersucht: 22 (30) Glasproben, 5 (22) Folien, 2 (0) Quarzplatten, 7 (0) Spiegel, 3 (0) Stufenkeile und 5 (0) Lackaufstriche auf Durchlässigkeit bzw. Reflexion für Licht verschiedener Wellenlängen.

5 (6) Ferngläser auf Vergrößerung, Lichtstärke, Größe des Gesichtsfeldes usw.
6 (0) Doppelfernrohre auf Abbildungsfehler und Lichtdurchlässigkeit usw.
4 (0) Einfache Fernrohre auf Abbildungsfehler, Lichtabfall nach dem Rande des Sehfeldes,
1 (0) Prisma auf Brechungsexponenten im sichtbaren und ultraroten Gebiet,
2 (0) Prismen auf Brechungsexponent nD,
1 (1) Prisma auf Prismenwinkel,
9 (3) Objektive auf chromatische und sphärische Aberration im ultraroten Spektralgebiet,
33 (41) Objektive auf chromatische und sphärische Aberration, Verzeichnung, Koma und andere Abbildungsfehler im sichtbaren Gebiet,
1 (2) Objektiv auf Brennweite,
1 (0) Mikroobjektiv auf chromatische und sphärische Schnittweitendifferenzen,
1 (0) Mikroobjektiv auf Durchlässigkeit im ultravioletten Spektralgebiet,
2 (2) Linsen auf Krümmungsradien,
1 (0) Mikroskop auf Vergrößerung,
1 (0) Oktant auf Winkeleinstellgenauigkeit,
2 (0) *Hg*-Quarzbrenner auf Abhängigkeit der spektralen Intensitätsverteilung von der Belastung,
4 (0) Probegläser auf Krümmungsradien.

Laboratorium für Photometrie

8 (5) Hefnerlampen, davon 7 beglaubigt,
1 (9) Kohlefadenlampe für photometrische Zwecke,
360 (366) Metalldrahtlampen, davon

187 (208) als Normallampen für photometrische Zwecke,
8 (12) als Normallampen für photometrische Zwecke bei 2 Spannungen,
3 (20) zur Nachprüfung als Normallampen für photometrische Zwecke,
3 (19) zur Bestimmung der Empfindlichkeit photographischen Negativmaterials nach DIN 4512,
11 (4) zur Bestimmung der Farbtemperatur und Lichtstärke für kolorimetrische Zwecke,
2 (0) zur Bestimmung der Farbtemperatur von 2000–3200° in Abhängigkeit von der Stromstärke,
2 (0) zur Bestimmung der spektralen Energieverteilung,
6 (0) mit verschiedenfarbigen Glaskolben für besondere Zwecke,
53 (4) für verschiedene Zwecke,
85 (83) in Dauerprüfung mit insgesamt 84462 (82603) Brennstunden,

1 (0) Glühlampe
1 (0) Neonlampe
2 (0) Kennlichter für Flugzeuge
10 (0) Projektionswände
} zur Aufnahme der Lichtverteilung,

5 (0) Gasschutzkörper zur Prüfung für Steuerzwecke,
33 (46) Glühlampen bzw. Glimmlampen zur Prüfung für Steuerzwecke,
16 (22) Petroleumlampen,
6 (5) Universalphotometer (Leuchtdichtemesser, Beleuchtungsmesser),
2 (0) Trockenbatterien in Dauerprüfung,
11 (0) Neophan-Reflektoren zur Bestimmung des Wirkungsgrades,
3 (0) Photozellen in Verbindung mit einem Lichtzeigerinstrument zur Bestimmung der Empfindlichkeit,
35 (18) Glasproben, Spiegel usw. auf Durchlässigkeit und Reflexion,
15 (46) Gläser verschiedener Art auf spektrale Durchlässigkeit,
3 (0) Stufenkeile auf Schwärzung,
53 (51) Luminophore auf Leuchtdichte, davon wurden 50 zur Bestimmung der Abklingkurven laufend gemessen.

Laboratorium für Rückstrahlerprüfung

73 (120) Rote Rückstrahler,
92 (58) Stichproben für Behördenlieferung,
2 (34) Nachprüfungen,
8 (0) Rückstrahlergläser.

Berlin-Charlottenburg, im Februar 1938.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Stark

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1937

1. Bericht über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1936. Physik. Zeitschr. **38**, 225, 1937; auch Anhang zu den Wissenschaftlichen Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt **20**, 1936.
2. Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt **21**, 4 Hefte, 280 Seiten mit Anhang S. 1–54. Leipzig, Verlag S. Hirzel, 1937.
3. Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abteilung I, 14. Reihe, Nr. 1–5, 1937.
4. Anleitung zum Prüfen der Schankgefäße. Vom 9. Juni 1936. Reichs- und Staatsanz. Nr. 142 vom 22. Juni 1936; Mitt. **14**, 1, 1937.
5. Zusätze zur Instruktion zur Eichordnung Nr. 630–680. Mitt. **14**, 5, 31, 72, 100, 1937.

   630. Neueichung und Nacheichung. Mitt. **14**, 5, 1937.
   631. Die zur Eichung zugelassenen Bauarten von Kammer-Gasmessern. Mitt. **14**, 6, 1937, und Beilage zu Nr. 1 der Mitteilungen, 24 S. Berichtigung: Mitt. **14**, 52, 1937.
   632. Eichamtliche Überwachung von Maßnahmen an geeichten Kammer-Gasmessern der Gattung 131 (Drehkolbengasmesser). Mitt. **14**, 6, 1937.
   633, 634. Benutzung und Prüfung von Kubizierapparaten für Gasmesser. Mitt. **14**, 13, 1937; Übergangsbestimmungen ebda. S. 15.
   635. Prüfung der Härte von Waagenschneiden und -pfannen. Mitt. **14**, 31, 1937.
   636. Allgemeine Bestimmungen über Beschaffenheit und Einrichtung von Waagen. Mitt. **14**, 31, 1937.
   637. Allgemeine Bestimmungen über die Prüfung von Handelswaagen. Mitt. **14**, 32, 1937.
   638–644, 660–663. Waagen mit Neigungsgewichtseinrichtung. Mitt. **14**, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 76, 77, 1937.
   645. Waagen mit Taraausgleichseinrichtung. Mitt. **14**, 44, 1937.
   646, 679. Waagen mit Stückzählvorrichtung. Mitt. **14**, 46, 105, 1937.
   647. Neigungswaagen mit zusätzlicher Nachstellskale. Mitt. **14**, 47, 1937.
   648, 669. Fuhrwerkswaage ohne Entlastungsvorrichtung. Mitt. **14**, 50, 92, 1937.
   649. Waagen mit zusätzlicher Gewichtsanzeigevorrichtung. Mitt. **14**, 50, 1937.
   650. Laufgewichtswaage mit Stückzählvorrichtung, Bauart Siegener Waagenbau G. m. b. H. in Siegen. Mitt. **14**, 50, 1937.
   651, 664–667. Selbsttätige Balkenwaage. Mitt. **14**, 51, 77, 78, 79, 1937.
   652. Prüfung von Kluppmaßen. Mitt. **14**, 51, 1937.
   653. Nebeneinrichtungen an Maßstäben. Mitt. **14**, 51, 1937.
   654. Hervorhebung von Teilstrichen auf Längenmaßen. Mitt. **14**, 72, 1937.
   655–658, 674, 675. Draht-, Stoff- und Flächenmeßmaschinen. Mitt. **14**, 73, 75, 102, 103, 1937.
   659. Prüfung von Laufgewichtswaagen. Mitt. **14**, 76, 1937.
   668. Abmessungen der Getreideprober. Mitt. **14**, 82, 1937.
   670. Waagen zur Ermittelung des Stärkegehalts von Kartoffeln. Mitt. **14**, 93, 1937.
   671–673. Wegstreckenmesser an Kraftfahrzeugen. Mitt. **14**, 100, 101, 102, 1937.
   676. Allgemeine Bestimmungen über Beschaffenheit und Einrichtung von Waagen. Mitt. 14, 104, 1937.
   677. Allgemeine Bestimmungen über die Prüfung von Handelswaagen (Prüfung von Waagen mit geteiltem Lastbehälter). Mitt. **14**, 105, 1937.
   678. Brückenwaagen der Bauart A. Mitt. **14**, 105, 1937.
   680. Laufgewichtswaage mit Stückzählvorrichtung, Bauart „Adres" der Firma A. Dresdner in Merseburg. Mitt. **14**, 106, 1937.

6. Änderung der Eichordnung. 6. Verordnung vom 9. März 1937. Reichsgesetzbl. 1937 I, S. 317; Mitt. **14**, 17, 1937; 7. Verordnung vom 18. Juni 1937. Reichsgesetzbl. 1937 I, S. 745. Mitt. **14**, 58, 1937; 8. Verordnung vom 12. September 1937 (Eichung der Fieberthermometer). Reichsgesetzbl. 1937 I, S. 1021; Mitt. **14**, 88, 1937.
7. Verordnung über Übergangsbestimmungen für die Eichung von Meßgeräten vom 9. März 1937. Reichsgesetzbl. 1937 I, S. 323. Mitt. **14**, 26, 1937.
8. Änderung der Verkehrsfehlergrenzen von Meßgeräten. 4. Verordnung vom 9. März 1937. Reichsgesetzbl. 1937 I, S. 323; Mitt. **14**, 26, 1937.
9. Festsetzung einstweiliger Eichgebühren. 4. Verordnung. Mitt. **14**, 28, 1937; 5. Verordnung ebda. S. 71; 6. Verordnung ebda. S. 99.
10. Erste Verordnung zur Ergänzung der Ausführungsverordnung zum Maß- und Gewichtsgesetz vom 11. März 1937. Reichsgesetzbl. 1937 I, S. 296; Mitt. **14**, 57, 1937; Zweite Verordnung vom 17. Juni 1937. Reichsgesetzbl. 1937 I, S. 651; Mitt. **14**, 58, 1937.

11. Verordnung über die Stempel der Eichbehörden vom 3. September 1937. Reichsgesetzbl. 1937 I, S. 962; Mitt. **14**, 85, 1937.
12. Bekanntmachung über die Beglaubigung von Fischversandgefäßen vom 11. Dezember 1937; Mitt. **14**, 97, 1937.
13. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter, Nr. 429 bis 455. Reichsministerialblatt **64**, 556, 1936; **65**, 14, 18, 42, 62, 69, 89, 97, 99, 100, 103, 138, 181, 193, 313, 346, 448, 481, 507, 514, 559, 1937; Elektrizitätswirtschaft **36**, 9, 159, 160, 287, 288, 347, 371, 392, 412, 432, 452, 472, 496, 516, 560, 600, 620, 640, 660, 683, 1937.
14. Bekanntmachung über die Zulassung mechanisch betriebener Spielgeräte nach § 9 der Verordnung zur Durchführung des § 33d der Gewerbeordnung vom 22. Mai 1935 (Reichsgesetzbl. 1935 I, S. 683):
17. Mitteilung vom 2. Februar 1937, Reichsministerialblatt **65**, 36, 1937.
18. Mitteilung vom 3. Februar 1937, Reichsministerialblatt **65**, 41, 1937.
19. Mitteilung vom 6. Juli 1937, Reichsministerialblatt **65**, 349, 1937.
20. Mitteilung vom 6. November 1937, Reichsministerialblatt **65**, 646, 1937.
21. Mitteilung vom 21. Dezember 1937, Reichsministerialblatt **65**, 756, 1937.

Präsidialabteilung

Amtliche Veröffentlichungen

15. Beuthe, H. Kuratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Siehe J. Stark, Forschung und Prüfung, S. 45–48.
16. Bürger, K. Über ein neues Gerät zur Prüfung der Winkelteilung an Zahnrädern. Physik. Zeitschr. **38**, 677, 1937.
17. Graßmann, P., und H. Eicke. Neue Erscheinungen bei der Induktion von Strömen in Supraleitern. Physik. Zeitschr. **38**, 429, 1937.
18. Grützmacher, M., und W. Lottermoser. Über ein Verfahren zur trägheitsfreien Aufzeichnung von Melodiekurven. Akust. Zeitschr. **2**, 242, 1937.
19. Keil, W., und K. Hild. Beobachtungen an Armbanduhren im Gebrauch. Physik. Zeitschr. **38**, 309, 1937.
20. Lottermoser, W. Der Einfluß des Materials von Orgelmetallpfeifen auf ihre Tongebung. Akust. Zeitschr. **2**, 129, 1937.
21. Meidinger, W. Untersuchungen über Masse und Verteilung des photolytisch gebildeten Silbers in Bromsilbergelatineemulsionen verschiedener Korngröße. I. Die Eigenschaften der untersuchten Emulsionen. Physik. Zeitschr. **38**, 564, 1937; II. Masse und Verteilung des photolytisch gebildeten Silbers in photographischen Schichten mit Nitrit. Ebda. S. 737; III. Masse und Verteilung des photolytisch gebildeten Silbers in Schichten ohne Nitrit. Ebda. S. 905.
22. Naudé, S. M., und H. Verleger. Die Rotationsschwingungsbande des Methylfluorids im photographischen Ultrarot bei 11250 Å. Physik. Zeitschr. **38**, 919, 1937.
23. Ritschl, R. Die Hyperfeinstruktur der Aluminiumfunkenlinie 2669,2 Å. Physik. Zeitschr. **39**, 1938, im Druck.
— Scheffers, H., siehe E. Justi, lfde. Nr. 106, 107, 130.
24. Stark, J. Struktur des Elektrons und Supraleitung. Physik. Zeitschr. **38**, 269, 1937.
25. — Struktur und strahlungslose Zustände des Wasserstoff- und Heliumatoms. Physik. Zeitschr. **38**, 349, 1937.
26. — Axiale Einstellung des Wasserstoffatoms und des Heliumatomions durch elektrisches Feld und Strahlenstoß. Physik. Zeitschr. **38**, 572, 1937.
27. — Geschichte der Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Physik. Zeitschr. **38**, 865, 1937.
28. — Forschung und Prüfung – 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Mit 12 Bildnissen und 11 Abbildungen. VII und 309 S. Leipzig, Verlag S. Hirzel, 1937.
29. — Fortschritte der Physik 1887–1937. 19 S. Leipzig, Verlag S. Hirzel, 1938.
30. — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in der Entwicklung der Physik während der letzten 50 Jahre. Siehe vorstehende Druckschrift, S. 7–19.
31. — Physikalische Wirklichkeit und dogmatische Atomtheorien. Physik. Zeitschr. **39**, 189, 1938.
32. — und R. Ritschl. Eine neue Dissymmetrie im Effekt des elektrischen Feldes auf die rote Wasserstofflinie. Physik. Zeitschr. **38**, 870, 1937.
33. — und K. Steiner. Versuche zur Aufklärung der magnetischen Induktion in Supraleitern. Physik. Zeitschr. **38**, 277, 1937; Nachtrag ebda. S. 597.
34. — — und H. Schoeneck. Weitere Beobachtungen zum Zusammenhang zwischen magnetischer Induktion und Supraleitung. Physik. Zeitschr. **38**, 887, 1937.
35. — und H. Verleger. Einfluß der Elektronenzahl auf die Polarisation der Lichtemission von Kanalstrahlen. Physik. Zeitschr. **38**, 357, 1937.
36. — — Intensitätsverhältnis bewegter und ruhender Serienlinien des Wasserstoffs und Heliums. Physik. Zeitschr. **38**, 359, 1937.
37. — — Das Seriengesetz der Polarisation der Lichtemission von Kanalstrahlen. Physik. Zeitschr. **38**, 360, 1937.
38. — — Neue Beobachtungen über die Intensitätsdissymmetrie in der Lichtemission von Kanalstrahlen. Physik. Zeitschr. **38**, 873, 1937.
39. Steiner, K. Das magnetische Verhalten von stromdurchflossenen Supraleitern beim Übergang zum supraleitenden Zustand. Physik. Zeitschr. **38**, 880, 1937.

Private Veröffentlichungen

40. Beuthe, H. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Der Deutsche Verwaltungsbeamte 4, 561, 1937.
41. Bomke, H. Vakuumspektroskopie. Mit 57 Abb., X und 248 S. Leipzig, Verlag J. A. Barth, 1937.
42. Bürger, K. Zahnradprüfgeräte auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1937. Masch.-Bau, Der Betrieb **16**, 265, 1937.
43. — Zur Messung des Summenteilungsfehlers an Zahnrädern. Werkst.-Techn. **31**, 406, 1937.
44. Burmester, A. 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Hochschul-Korresp. Nr. 257 vom 6. November 1937.
45. Goens, E. Zur Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten elastischer Wellen in Kristallen. Ann. d. Phys. (5) **29**, 279, 1937.
46. Grützmacher, M. Bericht über die I. Internationale Akustische Konferenz. Akust. Zeitschr. **2**, 215, 1937.
47. Keil, W. 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Uhrmacherkunst **62**, 623, 1937.
48. Meidinger, W. Fortschritte der Photographie seit 1930. Zeitschr. f. angew. Chem. **50**, 553, 1937.
49. — Das latente Bild in: „Ergebnisse der angewandten physikalischen Chemie", herausgegeben von E. Stenger und H. Staude. Bd. **5**, S. 1–40. Leipzig, Akademische Verlagsgesellsch. m. b. H. 1937.
50. Meister, F. I. Ein neuer berührungslos arbeitender Ebenflächigkeitsmesser für Betonfahrbahnen. Der Straßenbau 1937, S. 176.
51. Ritschl, R. Neuere Fortschritte in den Methoden der Atom- und Ionenstrahlenforschung (Bericht). Physik. Zeitschr. **38**, 141, 1937.
52. — The Stark Effect of the Hydrogen Atom. Current Science, Sonderheft „Canal Rays". 1937.
53. — (mit M. Heyden). Über das Termmoment des Aluminiums. Zeitschr. f. Phys. **108**, 1938, im Druck.
54. Steiner, K., und P. Graßmann. Supraleitung. Mit 44 Abb., VIII u. 139 S. Braunschweig, Verlag Fr. Vieweg & Sohn, 1937. (Sammlung Vieweg, Heft 112.)
55. Thienhaus, E. Fortschritte der Sprach- und Musikübertragung. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **81**, 855 u. 905, 1937.
56. — Aufbau und Anwendung von Schallübertragungsanlagen. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **81**, 963, 1937.
57. Verleger, H. Rotationsschwingungen mehratomiger Moleküle im photographischen Ultrarot (Bericht). Physik. Zeitschr. **38**, 83, 1937.
58. — (mit E. Blum). Über die geometrische Struktur des Ch_3N_3-Moleküls. Physik. Zeitschr. **38**, 776, 1937. (Zuschrift.)
59. — (mit G. Herzberg und F. Patat). On the photographic infrared spectrum of methylacetylene and the $C{-}C$ single bond distance. Journ. Phys. Chem. **41**, 123, 1937.

Abteilung I

Private Veröffentlichungen

60. Neumann, F. 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Elektr. Nachr.-Techn. **14**, 385, 1937.
61. Ohnesorge, W. v. Die Bildung von Tropfen an Düsen und der Zerfall flüssiger Strahlen. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **81**, 465, 1937.
62. Padelt, E. Waagen. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **81**, 451, 1937.
63. — Die Vermessung von zähflüssigen Mineralölen (Schmierölen) im Tankstellenbetrieb. Öl und Kohle **13**, 175, 1937.
64. Umpfenbach, K. J. Neuere Volumenmesser, insbesondere für größere Volumina. Prüfen und Messen. S. 64. Berlin, VDI-Verlag, 1937.
65. — Kalorimetrische Wirkungsgradbestimmung an Wasserturbinen. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. 81, 1203, 1937.
66. — Eichung von Gasdurchflußintegratoren — Eichvorschriften für Wirkdruckströmungsmesser. Arch. f. Wärmewirtsch. **18**, 341, 1937.

Abteilung II

Amtliche Veröffentlichungen

67. Blechschmidt, E. Dielektrische Eigenschaften von Manganferriten. Physik. Zeitschr. 39, 212, 1938.
68. Hohle, W. Ein neuer Bürdenmesser. Physik. Zeitschr. **38**, 389, 1937.
69. — Zur Prüfung von Höchstspannungswandlern. II. Physik. Zeitschr. **39**, 1938, im Druck.
70. — und W. Hüter. Zur Prüfung von Höchstspannungswandlern. I. Physik. Zeitschr. 39, 1938, im Druck.
71. — und W. Rump. Prüfung empfindlicher Wechselstrom-Zeigerinstrumente mit Nullmethoden. Physik. Zeitschr. **39**, 169, 1938.
72. Hoyer, H. Über die Eichung von Strommessern im Frequenzbereich von $3 \cdot 10^6$ bis $3{,}75 \cdot 10^7$ Hz mittels Pyrometers. Physik. Zeitschr. **38**, 602, 1937.

73. Kluge, J., und H. E. Linckh, Messung des Anlaufmomentes von Asynchronmotoren durch ein neues elektrostatisches Meßverfahren. Physik. Zeitschr. **39**, 1938, im Druck.
Kußmann, A., siehe H. Ebert, lfde. Nr. 101.
74. — und H. Nitka. Ferromagnetismus und Struktur von Manganferriten. Physik. Zeitschr. **39**, 208, 1938.
75. Lampe, W., und E. Ferroni. Messung der Abschirmwirkung eines Faraday-Käfigs bei Rundfunkfrequenzen. Physik. Zeitschr. **38**, 637, 1937.
76. Linckh, H. E. Eine neue Brückenschaltung zur Kurvenformmessung. Berichtigung. Physik. Zeitschr. **38**, 468, 1937.
77. — Bauliche Entwicklung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Siehe J. Stark, Forschung und Prüfung, S. 34—44.
78. Nitka, H. Debye-Scherrer-Aufnahmen an Germanium zwischen 20° abs. und 1110° abs. Physik. Zeitschr. **38**, 896, 1937.
79. Pestorf, G., und E.-F. Richter. Über den Isolationswiderstand von keramischen Werkstoffen bei Temperaturen bis zu 900°. Physik. Zeitschr. **39**, 141, 1938.
80. Schulze, A. Über die elektrische Leitfähigkeit von Aluminium für Freileitungen. Physik. Zeitschr. **38**, 445, 1937.
81. — Elektrische und thermische Untersuchungen an Manganin. Physik. Zeitschr. **38**, 598, 1937.
— — siehe F. Hoffmann, lfde. Nr. 105.
82. — und W. Gremmer. Das elektrische Verhalten der Manganferrite. Physik. Zeitschr. **39**, 205, 1938.
83. Steinhaus, W., A. Kußmann und E. Schoen. Sättigungsmagnetisierung und Annäherungsgesetz des Eisens. Physik. Zeitschr. **38**, 777, 1937; Berichtigung ebda. S. 1026.
84. Steinwehr, H. v. Mitwirkung Deutschlands an der internationalen Vereinheitlichung der Maßeinheiten. Physik. Zeitschr. **38**, 868, 1937.
85. — Organisatorische Entwicklung und heutige Organisation der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. 1. Geschichtliches. Siehe J. Stark, Forschung und Prüfung, S. 16—19.
86. — Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Siehe J. Stark, Forschung und Prüfung, S. 51—71.

Private Veröffentlichungen

87. Kußmann, A. Mitarbeit an „Abegg-Auerbach-Koppel, Handbuch der anorganischen Chemie", 4. Bd., 3. Abt., 4. Teil. Leipzig, Verlag S. Hirzel, 1937.
88. — 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Feinmech. u. Präzis. **45**, 283, 1937.
— Nitka, H., siehe E. Justi, lfde. Nr. 128, 129.
89. Pfestorf, G. Sicherheit elektrischer Anlagen unter Berücksichtigung der neuen Isolierstoffe. Elektrotechn. Zeitschr. **58**, 465, 1937.
90. — Probleme der Materialprüfung bei Kunststoffen. Kunststoffe **27**, 192, 1937.
91. — Prüfung von Isolierstoffen und Meßergebnisse aus der Isolierstofftechnik. Beitrag in: Elektrotechnische Isolierstoffe, Entwicklung, Gestaltung, Verwendung, herausgegeben von R. Vieweg. Berlin, Verlag Jul. Springer, 1937.
92. — Umrechnungsfaktoren. Plastische Massen **7**, 256, 1937.
93. — Der Oberflächenwiderstand nicht geschichteter Kunstharzpreßstoffe nach thermischer Vorbehandlung. Plastische Massen **7**, 371, 1937.
94. — Formschwindung von Preßstoffen. Kunst- und Preßstoffe Heft 1, S. 35. Berlin, VDI-Verlag, 1937.
95. Schulze, A. Die Allotropie der chemischen Elemente. Chemiker-Ztg. **61**, 87, 108, 1937.
96. — Über metallische elektrische Widerstandswerkstoffe. Elektrotechn. Zeitschr. **58**, 1361, 1386, 1937.
97. — 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Metallwirtsch. **16**, 1369, 1937.
98. Steinhaus, W. Mitarbeit an der „Stoffhütte", 2. Aufl. Berlin, Verlag Wilh. Ernst & Sohn, 1937.
99. Vieweg, V. Schmiermittel. VDI-Jahrbuch 1938, S. 87.

Abteilung III

Amtliche Veröffentlichungen

100. Ebert, H. Bestimmung der Wärmeausdehnung von einigen Aluminium- und Magnesiumlegierungen sowie vom Rhodium. Physik. Zeitschr. **39**, 6, 1938.
101. — und A. Kußmann. Änderung der Sättigungsmagnetisierung durch allseitigen Druck. Physik. Zeitschr. **38**, 437, 1937.
102. Erk, S. Der Fließwiderstand von Schmierölen bei tiefen Temperaturen. Physik. Zeitschr. **38**, 449, 1937.
103. — und H. Eck. Über die Beziehung zwischen kinematischer Zähigkeit in Sayboltsekunden und CGS-Einheiten. Physik. Zeitschr. **38**, 469, 1937.
104. — A. Keller und H. Poltz. Über die Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen. Physik. Zeitschr. **38**, 394, 1937.
105. Hoffmann, F., und A. Schulze. Die Bestimmung des Schmelzpunktes von Silizium. Physik. Zeitschr. **38**, 901, 1937.
106. Justi, E., und H. Scheffers. Die elektrische Leitfähigkeit von Wolframeinkristallen bei tiefen Temperaturen in starken magnetischen Quer- und Längsfeldern. Physik. Zeitschr. **38**, 891, 1937.

107. Justi, E., und H. Scheffers. Über die Widerstandsänderung von Aluminiumeinkristallen in starken magnetischen Feldern bei tiefen Temperaturen. Physik. Zeitschr. **39**, 105, 1938.
108. Otto, J. Genaue Bestimmung des Gasinhaltes von Stahlflaschen. Physik. Zeitschr. **39**, 137, 1938.
109. Tingwaldt, C. Die Absorption der Kohlensäure im Gebiet der Bande λ 4,3 μ zwischen 300° und 1000° abs. Physik. Zeitschr. **39**, 1, 1938.

Private Veröffentlichungen

110. Ebert, H. Eigenschaften und Anwendung verschiedener Feuchte-Messer und -Regler. Heizung u. Lüftung **11**, 5, 1937; Prüfen und Messen, S. 25. Berlin, VDI-Verlag, 1937.
111. — Fortschritte der Vakuumtechnik. X. Glas u. Apparat **18**, 129, 149, 159, 170, 1937.
112. — Feuchtigkeitsmessung bei Temperaturen unter 0° C. Zeitschr. f. d. ges. Kälte-Ind. **44**, 127, 1937.
113. — 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Glas u. Apparat **18**, 203, 1937.
114. — Glas als Werkstoff. Glas u. Apparat **19**, 45, 59, 1938.
115. — Bearbeitung von Nr. 53, Physik, der Dezimalklassifikation, unter Beteiligung vieler Wissenschafter der Reichsanstalt.
116. Erk, S. Die Verfahrenstechnik als Aufgabe für die technische Physik. Zeitschr. d. Ver. D. Ing., Beiheft Verfahrenstechnik Nr. 2, S. 53, 1937.
117. — Die Ausbildung von Verfahrensingenieuren im Ausland. Zeitschr. d. Ver. D. Ing., Beiheft Verfahrenstechnik Nr. 2, S. 56, 1937.
118. — Meßeinrichtung zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Kunstharzpreßstoffen. Kunst- u. Preßstoffe **2**, 38, 1937.
119. — Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1936. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **81**, 840, 1937.
120. — Prüfung des Verhaltens von Schmierölen bei tiefen Temperaturen. Öl u. Kohle **13**, 853, 1937.
121. — Untersuchung und Berechnung von Flächenheizungen. Gesundh.-Ing. **60**, 593, 1937.
122. — 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **81**, 1364, 1937.
123. — 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt — ihre Bedeutung für Wärmeforschung und Wärmetechnik. Die Wärme **60**, 763, 1937.
124. Fritz, W. Film- und Tropfenkondensation von Wasserdampf. Zeitschr. d. Ver. D. Ing., Beiheft Verfahrenstechnik Nr. 4, S. 127, 1937.
125. — Wärmeübergang an siedende Flüssigkeiten. Zeitschr. d. Ver. D. Ing., Beiheft Verfahrenstechnik Nr. 5, S. 149, 1937.
126. Justi, E. Eine Neuberechnung der spezifischen Wärme, Enthalpie und Entropie der Luft. Ann. d. Phys. (5) **29**, 302, 1937.
127. — Spezifische Wärme, Enthalpie, Entropie und Dissoziation technischer Gase. 157 S. mit 43 Abb. u. 126 Tab. Berlin, Verlag J. Springer, 1938.
128. — und H. Nitka. Zur Frage der Umwandlungen höherer Ordnung. Erwiderung auf eine Arbeit von N. F. Moerman u. G. J. Muller. Physik. Zeitschr. **38**, 302, 1937.
129. — — Bemerkung zu einer Äußerung von A. Kruis und K. Clusius über „Visueller Nachweis der Umwandlungen der kondensierten Schwefelwasserstoffe H_2S und D_2S". Physik. Zeitschr. **38**, 514, 1937.
130. — und H. Scheffers. Neue Versuche und Vorstellungen zur Erklärung der elektrischen Leitfähigkeit der Metalle. Forsch. und Fortschr. **13**, 199, 1937.

Abteilung IV

Amtliche Veröffentlichungen

131. Lau, E. Erhöhung des Auflösungsvermögens von Mikroskop und Fernrohr. Physik. Zeitschr. **38**, 446, 1937.
132. Leo, W. Zur Feinstruktur der Heliumlinie λ 4686. Physik. Zeitschr. **38**, 920, 1937.
133. — Überlagerung von Gleich- und Wechselstrom in Stromverbrauchern mit quadratischer Leistungsaufnahme. Physik. Zeitschr. **39**, 201, 1938.
134. Theissing, H. Über einige Eigenschaften von Strahlungsempfängern unter besonderer Berücksichtigung der Thermoelemente. Physik. Zeitschr. **38**, 557, 1937.

Private Veröffentlichungen

135. Einsporn, E. Ebenheit. Zeitschr. f. Instrumentenkunde **57**, 265, 1937.
136. Goebert, M. Graphische Aufzeichnung und Auswertung von Galvanometerausschlägen mittels verschiebbarer Skale. Zeitschr. f. Instrkde. **57**, 344, 1937.